МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

И. А. ГЛУЗМАН

# ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ ГЕНЕРАТОР СТАНДАРТНЫХ СИГНАЛОВ



МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

*Выпуск 690*

И. А. ГЛУЗМАН

# ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ ГЕНЕРАТОР СТАНДАРТНЫХ СИГНАЛОВ



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1969

6Ф2.08
Г55
УДК 621.373.5



**Глузман И. А.**

Г55 Любительский генератор стандартных сигналов. М., «Энергия», 1969.

48 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 690)

В брошюре приведено подробное описание конструкции малогабаритного широкодиапазонного транзисторного генератора стандартных сигналов, генерирующего высокочастотные напряжения в диапазоне 100 *кгц* — 90 *Мгц*.

Предназначена для широкого круга радиолюбителей, а также может быть использована руководителями детских радиокружков.

3-4-5
376-68

6Ф2.08

# ИСТОЧНИКИ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ

## Назначение и виды генераторов

Генераторы сигналов служат для питания различных радиоизмерительных устройств, испытаний и наладки радиоприемников и измерений в высокочастотных цепях. В практике радиоизмерений находят применение электрические колебания весьма широкой полосы частот — от долей герца до сотен и тысяч мегагерц.

Источники высокочастотных (ВЧ) колебаний разбивают на две группы: генераторы сигналов (ГС) и генераторы стандартных сигналов (ГСС).

У генераторов сигналов можно менять в широких пределах частоту, амплитуду и глубину модуляции. Они, как правило, имеют значительную мощность на выходе (до 3 *вт*) и не имеют калибровки выдаваемого напряжения (либо имеют весьма грубую). Генераторы сигналов применяются для питания измерительных схем, измерения характеристик ВЧ линий передачи и для других измерений, требующих мощного источника высокочастотных колебаний.

Генераторы стандартных сигналов снабжаются устройствами для калибровки выходного напряжения и измерения глубины модуляции, благодаря чему уровень выдаваемого сигнала у них точно известен для каждого положения органов настройки, а ВЧ колебания могут быть промодулированы с точно известной глубиной. Генераторы стандартных сигналов характеризуются высокой стабильностью частоты ($10^{-4}$—$10^{-7}$) и точностью калибровки выходного напряжения, регулируемого в пределах от долей микровольта до одного вольта. Генераторы стандартных сигналов служат для исследования и настройки радиоприемных устройств, измерения напряженности поля, снятия частотных характеристик цепей высокой частоты, для различных измерений в усилителях высокой частоты и т. п.

В качестве примера ГСС, выпускаемого промышленностью, приведем широкораспространенный до последнего времени генератор ГЧ-1 (ГСС-6). Его основные характеристики: диапазон генерируемых частот 100 *кгц* — 25 *Мгц*, число поддиапазонов — 8, выходное напряжение регулируется и измеряется в пределах 0,1 *мкв* — 1 *в*; частота источника внутренней модуляции равна 400 *гц*; предусмотрена возможность модуляции от внешнего источника с частотой 50—8 000 *гц*, глубина модуляции регулируется и измеряется в пределах 0—100%; питается прибор от сети переменного тока, вес прибора 25 *кг*.

В последние годы промышленность стала выпускать измерительные генераторы, совмещающие в себе функции генератора сигналов и генератора стандартных сигналов. Они имеют два выхода: некалиброванный мощный (до 1—2 *вт*) и маломощный, калиброванный по уровню.

## Получение электрических колебаний синусоидальной формы

Основным элементом генераторов стандартных сигналов является градуированный по частоте задающий генератор высокой частоты (ЗГ), вырабатывающий электрические колебания синусоидальной формы. Обычно — это электронное устройство, главной частью которого является электронная лампа или транзистор.

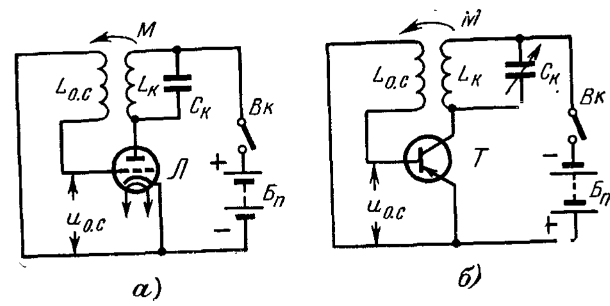



Рис. 1. Упрощенные схемы генераторов.
а — лампового; б — транзисторного.

На рис. 1 показаны простейшие схемы $LC$-генераторов синусоидальных колебаний с самовозбуждением, построенные на ламповом и транзисторном триодах. Как видно из рисунков, в генератор, помимо триода, входит колебательный контур $L_к$ $C_к$, составленный из катушки индуктивности $L_к$ и конденсатора переменной емкости $C_к$, батареи питания $Б_п$ и катушки $L_{о.с}$ в цепи сетки (базы).

При замыкании ключа $Вк$ по цепи контура потечет ток, в результате которого в контуре $L_к$ $C_к$ возникнут свободные электрические колебания на резонансной частоте $f_0$ контура. Эта частота определяется из выражения

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_к C_к}}, \text{ гц}, \tag{1}$$

где $C_к$ — в фарадах, $L_к$ — в генри.

Однако переменный ток, возникший в контуре, не может долго просуществовать в силу того, что в контуре имеются потери. Для того чтобы получить незатухающие электрические колебания, необходимо каким-либо образом восполнять потери энергии в контуре.

Для этой цели служит катушка $L_{о.с}$, индуктивно связанная с контурной катушкой $L_к$. После возникновения свободных колебаний в контуре на зажимах катушки $L_{о.с}$ наводится напряжение $u_{о.с}$, которое подается на вход усиливающего элемента — лампы или транзистора. После усиления колебания возвращаются в колебательный контур. Усиленное напряжение $u_{о.с}$ вновь поступает на вход лампы (транзистора). В результате амплитуда колебаний в контуре постепенно нарастает, но только до величины, определяемой характеристиками и режимом лампы (транзистора).

Для получения в генераторе с самовозбуждением колебаний, стабильных по частоте и амплитуде, необходимо соблюдение **двух** условий: 1) баланса фаз; 2) баланса амплитуд.



Первое условие следует понимать так, что фаза напряжения на входе усилительного прибора должна совпадать с фазой напряжения, выделяющегося на катушке $L_{о.с}$, т. е. имеется положительная обратная связь. При несоблюдении этого условия возникшие в контуре колебания затухают. Фаза сигнала на входе определяется фазовыми характеристиками усилительного прибора и цепи обратной связи.

Второе условие означает, что усиление каскада должно компенсировать ослабление сигнала в цепи обратной связи и потери в контуре. В этом случае сигнал, усилившийся каскадом, вернется с выхода триода на его вход в первоначальном значении, и амплитуда генерируемого на контуре напряжения будет поддерживаться постоянной.

Величина напряжения на зажимах катушки $L_{о.с}$ равна:

$$u_{о.\,с} = \pm \frac{M}{L_к} u_к, \tag{2}$$

где $M$ — коэффициент взаимоиндукции между катушками $L_к$ и $L_{о.с}$, характеризующий их степень связи. $u_к$ — амплитуда переменного напряжения на колебательном контуре. Отношение $M/L_к$ показывает, какая часть напряжения с выхода генератора передается на его вход (степень обратной связи). Изменением величины $M$ (путем подбора витков катушки $L_{о.с}$ или перемещением ее относительно катушки $L_к$ можно в широких пределах подбирать необходимую величину напряжения $u_{о.с}$ и тем самым добиваться выполнения условия баланса амплитуд. Величина обратной связи, ниже которой генератор не возбуждается, называется критической. Если величина обратной связи выбрана значительно больше критической, создаются условия для генерации колебания несинусоидальной формы. Такое колебание содержит в себе конечное или бесконечное число синусоидальных колебаний, отличающихся по частоте. Чем больше величина обратной связи, тем больше отличается форма выходного напряжения от синусоидальной.

Знак перед правой частью выражения (2) указывает на то, что с зажимов катушки $L_{о.с}$ можно подать на вход триода напряжение в фазе или противофазе с напряжением на контуре в зависимости от того, какими концами подключена катушка $L_{о.с}$ к входу генератора.

## Транзисторные схемы задающих генераторов

В зависимости от того, к каким электродам транзистора подключены входные (катушка обратной связи) и выходные (колебательный контур) цепи и какой из электродов является общим, различают схемы генераторов с общим эмиттером (ОЭ), общей базой (ОБ) и общим коллектором (ОК). На рис. 1, б показана схема с общим эмиттером.

Транзисторные схемы усилителей и генераторов по сравнению с ламповыми отличаются низкими входными и выходными сопротивлениями, что вытекает из особенностей транзисторов как полупроводниковых приборов. Если входная и выходная цепи лампы имеют сопротивление порядка сотен и тысяч килоом, то в транзисторе, например, сопротивление цепи эмиттер — база в схеме с общей базой составляет всего десятки — сотни ом.

Разные схемы включения транзисторов позволяют получить различные соотношения между входными и выходными сопротивлениями. Так, например, схема с общей базой имеет наименьшее входное и наибольшее выходное сопротивление (сотни килоом).

Если рассматривать схемы включения транзисторов с точки зрения даваемых ими усилений, то наилучшими усилительными свойствами по напряжению обладает схема с ОЭ (100—500 раз) или с ОБ. Каскад с ОК обладает усилением по току до 10—30 раз, а по напряжению — немного менее единицы.

На практике наибольшее распространение имеют схемы генераторов с ОЭ и ОБ. Последние применяются в тех случаях, когда требуется получить генерацию на более высоких частотах, в силу лучших частотных свойств.

Как известно, для транзисторов характерна существенная зависимость их параметров от окружающей температуры. С изменением последней меняется проводимость переходов, что вызывает изменение тока коллектора и эмиттера. В результате первоначально установленный режим по постоянному току (рабочая точка) нарушается. Кроме того, с изменением температуры коэффициент усиления транзистора тоже меняется. Все это приводит к тому, что стабильность частоты и амплитуды колебаний в транзисторных генераторах ухудшается. Для устранения влияния температуры на работу транзисторного генератора приходится принимать специальные меры термостабилизации.

С точки зрения минимальной зависимости параметров генератора от температуры наилучшие результаты позволяет получить схема с ОБ.

Для получения стабильных колебаний в генераторе необходимо обеспечить оптимальное включение элементов контура в схему, при котором должны быть согласованы сопротивления катушек контура и связи с выходным и входным сопротивлениями транзистора. Так как входное и выходное сопротивления транзистора сравнительно невелики, то такое согласование в схемах с полупроводниковыми триодами получить труднее, чем в ламповых схемах, особенно на частотах от 100 до 1 000 *кгц*.

Например, колебательный контур, работающий на частоте 100 *кгц* и имеющий резонансное сопротивление 600 *ком*, будучи включенным в цепь транзистора с выходным сопротивлением 10 *ком*, оказывается зашунтированным этим сопротивлением, в результате чего наступит срыв колебаний в контуре.

Другим серьезным недостатком транзисторов является большая емкость коллекторного и эмиттерного переходов и зависимость ее от приложенного напряжения.

Например, в схеме с ОЭ между выходными зажимами транзистора (эмиттер — коллектор) действует емкость, достигающая величины 1 000 и более *пф*. Из этого следует, что в генераторе по схеме с ОЭ к его выходу (колебательному контуру) как бы подключен большой конденсатор, который резко меняет параметры этого контура: понижает его добротность и резонансную частоту, сокращает перекрытие по частоте, а также затрудняет получение колебаний на высших частотах.

Зависимость емкостей переходов транзистора от приложенных к ним напряжений значительно усложняет проблему амплитудной модуляции ВЧ сигнала. При обычных способах модуляции, например, с изменением питающего напряжения в транзисторном генераторе изменяются емкости переходов. Последние оказывают влияние на колебательный контур. В результате частота генерации изменяется в такт модулирующим колебаниям: наряду с амплитудной модуляцией появляется и частотная модуляция.



Для устранения влияния емкостей транзистора на параметры колебательного контура и ограничения шунтирующего действия выходного сопротивления транзистора приходится принимать ряд специальных мер. Одной из них является применение в генераторах транзисторов с высокой граничной частотой генерации (П423, П410, П411). Другим средством борьбы с перечисленными трудностями является неполное включение колебательного контура в выходную цепь путем применения отводов или дополнительных катушек связи. В простых схемах, в которых контур полностью включается в выходную цепь, очень трудно добиться генерации на низких частотах (порядка 100 *кгц*) вследствие ухудшения добротности ВЧ контура; при наличии же генерации перекрытие по частоте получается небольшим (1,2—1,5), даже при применении переменного конденсатора с большим коэффициентом перекрытия по емкости выходное ВЧ напряжение вследствие снижения резонансного сопротивления невелико, а стабильность частоты низкая.

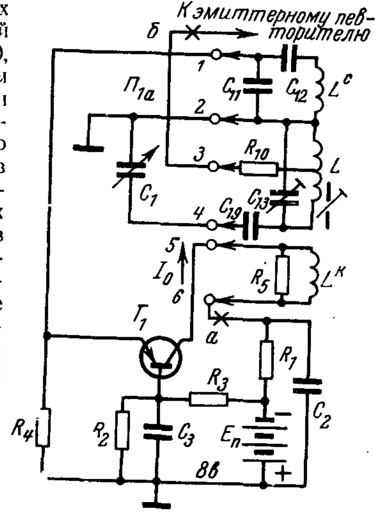



Рис. 2. Схема задающего генератора.

На рис. 2 приведена практическая схема однотранзисторного автогенератора, которая положена в основу описанного ниже любительского генератора стандартных сигналов.

Транзистор $T_1$ по переменному току включен по схеме с ОБ. Колебательный контур подсоединен к электродам коллектор — база через катушку связи $L^к$ и конденсаторы $C_2$ и $C_3$. Катушка обратной связи $L^c$ подключена к входным зажимам эмиттер — база через конденсаторы $C_{12}$ и $C_3$.

Резисторы $R_1 - R_4$ необходимы для обеспечения режима транзистора по постоянному току и для температурной стабилизации рабочей точки. Смещение на базу задается делителем в цепи базы (резисторы $R_2$, $R_3$). Резистор в цепи эмиттера $R_4$ создает отрицательную обратную связь по постоянному току. Резистор $R_1$ является сопротивлением нагрузки транзистора по постоянному току. Совокупность указанных и специально рассчитанных резисторов обеспечивает наилучшую температурную стабилизацию рабочей точки в схемах с одним источником питания.

Конденсаторы $C_2$ и $C_3$ обеспечивают путь переменным токам к базе транзистора, минуя сопротивления $R_1$—$R_3$. Эти конденсаторы выбираются такими, чтобы их емкостные сопротивления были во много раз меньше сопротивлений шунтируемых резисторов. Конденсатор

$C_{12}$ предотвращает короткое замыкание по постоянному току резистора $R_4$ через катушку $L^c$, которая имеет малое сопротивление, близкое к нулю. Конденсатор переменной емкости $C_1$ является органом перестройки частоты генератора.

Выходное напряжение в генераторе снимают с колебательного контура. В этом случае напряжение близко по форме к синусоидальному, ибо в нем почти нет высших гармоник.

Если к колебательному контуру подключить устройство с низким входным сопротивлением (нагрузку), то произойдет шунтирование выхода генератора и колебания сорвутся. Во избежание этого нагрузочные цепи генератора подключаются не ко всему контуру, а к части его витков (между точками *2* и *3* рис. 2). При таком включении снижается величина выходного напряжения, но влияние нагрузки на генератор резко уменьшается.

Автогенератор, построенный по схеме рис. 2, позволяет получить электрические колебания в довольно широком диапазоне частот 100 *кгц* — 100 *Мгц*, при довольно высокой стабильности частоты и амплитуды.

Выше мы указали на недостатки транзисторных схем генераторов и показали, что приходится идти на некоторое усложнение этих схем по сравнению с ламповыми для устранения (если и не полностью, то хотя бы частично) этих недостатков.

Применение транзисторов в сигнал-генераторах позволяет за счет уменьшения габаритов отдельных блоков значительно упростить экранировку. Отсутствие связи с сетью при батарейном питании исключает излучение сигнала через цепи питания. Малая выходная мощность и низкое напряжение питания также намного облегчают борьбу с излучением сигнала в окружающее пространство.

Маломощные транзисторы, применяемые в генераторах, практически не нагреваются при работе, поэтому не требуется принятия специальных мер для их охлаждения и упрощается конструкция корпуса.

Сигнал-генератор, изготовленный на транзисторах, в несколько раз легче и меньше по габаритам, чем генератор с аналогичными параметрами на лампах.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ, БЛОК-СХЕМА И КОНСТРУКЦИЯ ТРАНЗИСТОРНОГО ГЕНЕРАТОРА СТАНДАРТНЫХ СИГНАЛОВ

**Технические характеристики.** Диапазон генерируемых частот (100 *кгц* — 90 *Мгц*) разбит на 8 поддиапазонов. Коэффициент перекрытия по частоте ($K_f$) составляет на I—VI поддиапазонах — 2,5, на VII — 2,0 и на VIII — 1,8.

Максимальная (контролируемая) величина выходного ВЧ напряжения — 1,2 *в*, а на VII и VIII поддиапазонах 0,3—0,6 *в*.

С помощью ступенчатого аттенюатора и выносного делителя выходной сигнал может ослабляться по напряжению в 100, 1 000, 10 000, 100 000 раз; кроме того, с помощью потенциометра на входе в ступенчатый аттенюатор — еще в 10 раз. Таким образом, минимальный уровень выходного сигнала составляет величину порядка 1 *мкв*.

В приборе предусмотрена амплитудная модуляция от внутреннего генератора НЧ, дающего колебания с частотой 400 *гц*, а также возможна модуляция от внешнего источника модулирующей частоты. Величина глубины модуляции может плавно изменяться в пределах 5—90% путем регулирования величины выходного напряжения НЧ генератора. При необходимости модулятор может быть отключен от схемы.

На всех поддиапазонах прибор генерирует синусоидальные колебания.

Форма модулирующего напряжения от внутреннего генератора также синусоидальная. Генератор НЧ имеет выход напряжения частоты 400 *гц*, величиной 1 *в* на отдельные гнезда, что позволяет использовать ГСС в качестве источника электрических колебаний звуковой частоты. Амплитуда выходного напряжения НЧ может плавно регулироваться.

Прибор может быть использован и в качестве гетеродинного индикатора резонанса (ГИР), для чего на задней стенке генератора имеется круглое отверстие диаметром 50 *мм*, плотно закрывающееся двойной крышкой. Через отверстие осуществляется доступ к контурным катушкам генератора.

Генератор может работать и в режиме волномера, при этом специальным тумблером срываются колебания в задающем генераторе, а связь постороннего источника неизвестных частот с ГСС осуществляется при помощи витков связи через отверстие на задней стенке.

Питание генератора осуществляется от двух батарей КБС-0,5 (9 *в*), а также одного элемента ФМЦ-0,25 (для питания блока измерителя). Расход тока от батарей КБС не превышает 20 *ма*, а от элементов ФМЦ-0,25—0,4 *ма*.

**Блок-схема.** Колебания высокой частоты формируются в блоке задающего генератора *ЗГ* (рис. 3).

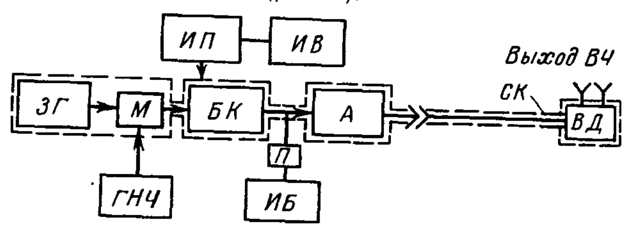



Рис. 3. Блок-схема генератора стандартных сигналов.

Модуляция ВЧ осуществляется модулятором *М*, на входы которого подается ВЧ сигнал от *ЗГ* и напряжение от генератора низкой частоты *ГНЧ*.

Аттенюатор *А* предназначается для регулирования выходного напряжения.

Для согласования относительно высокоомного выходного сопротивления *ЗГ* с низким входным сопротивлением аттенюатора предусматривается буферный каскад *БК* на эмиттерном повторителе.

К аттенюатору подключается соединительный высокочастотный кабель *СК*, на конце которого имеются гнезда выносного делителя *ВД* для подсоединения исследуемых приборов.

В генераторе предусмотрено измерение уровня напряжения ВЧ сигнала, а также глубины модуляции, для чего используется один измерительный блок *ИБ*. При помощи переключателя рода измерений П он подсоединяется к соответствующим точкам схемы.

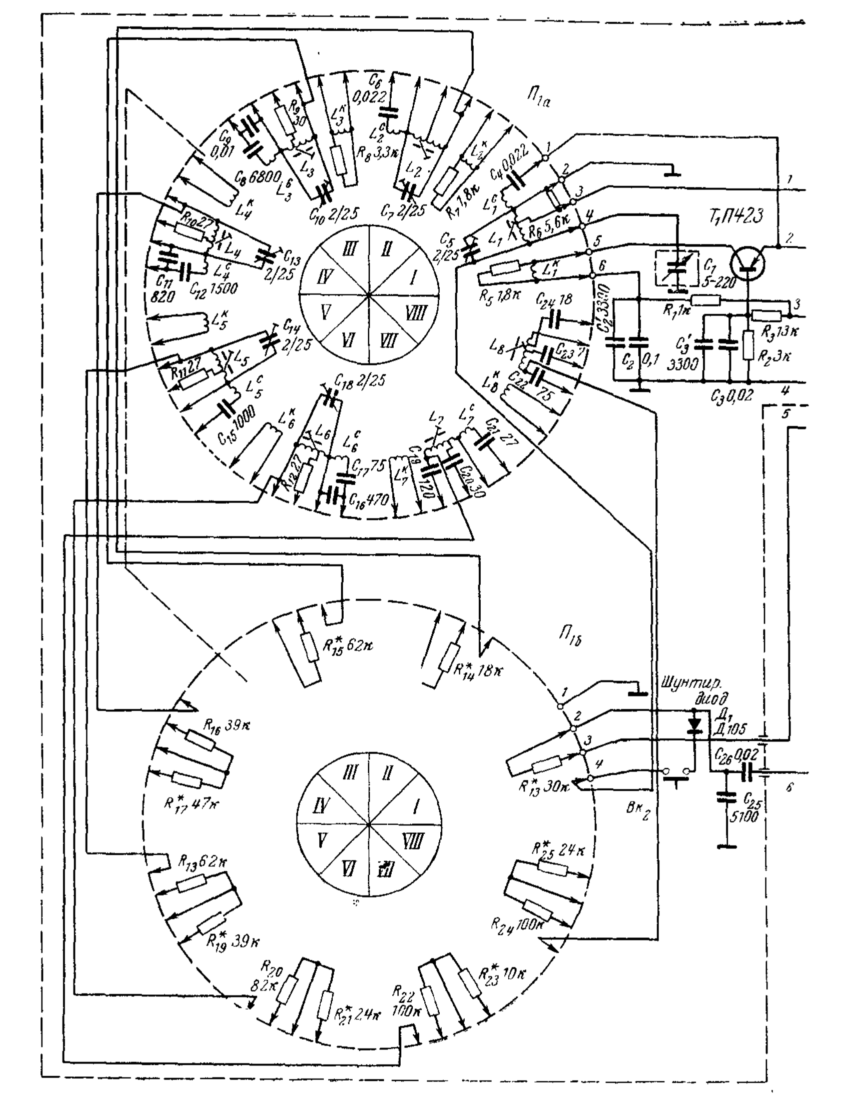
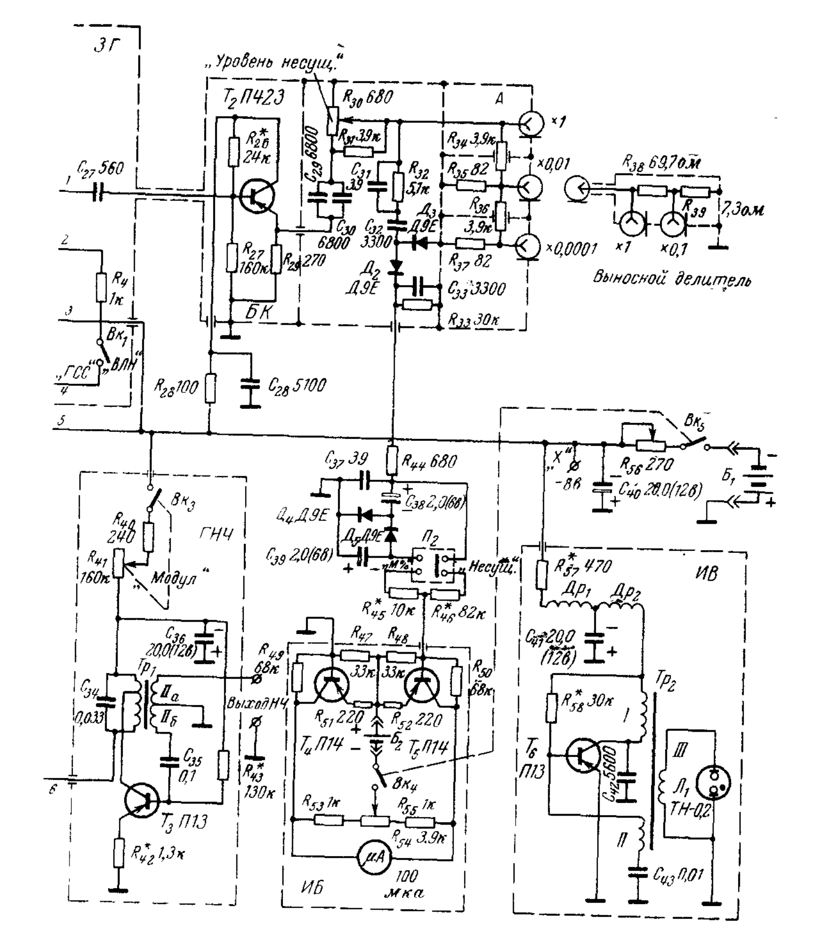



Рис. 4. Принципиальная схема генератора стандартных сигналов.

Поскольку частота и амплитуда генерируемых сигналов зависят в определенной мере от напряжения источника питания *ИП*, в схему генератора введен блок индикатора включения *ИВ*. С его помощью осуществляется контроль за включением прибора, а главное





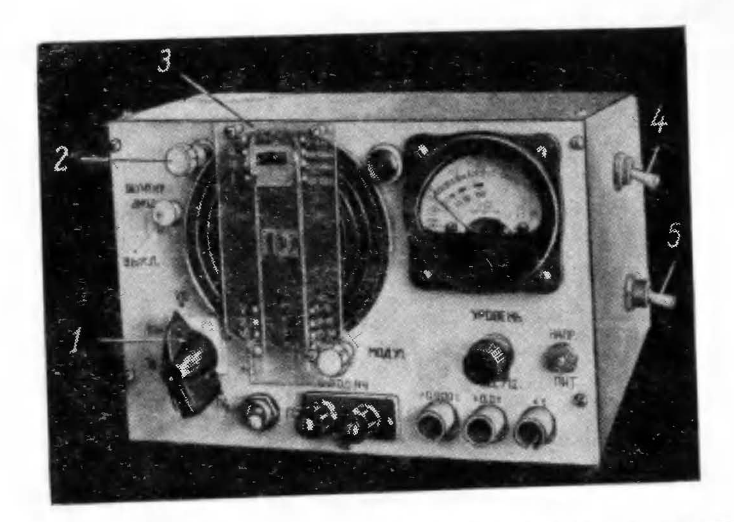

определяется момент, когда напряжение питания становится ниже расчетной величины и требуется корректировка питающего напряжения либо смена батарей.

Принципиальная схема показана на рис. 4.

**Конструкция.** Все блоки генератора электрически связаны между собой при помощи паек и заключены в алюминиевый корпус размерами 200×130×120 *мм*. Вес прибора 2,1 *кг*.

Корпус разделен на два отсека (рис. 5). В левом отсеке расположены ВЧ блок задающего генератора, конструктивно объединенный с переключателем диапазонов, и блок генератора низкой частоты. В правом отсеке расположены все остальные узлы прибора.

Блоки буферного каскада и аттенюатора заключены в единый замкнутый экран из листовой меди. Конденсатор переменной емкости также помещен в отдельный экран.



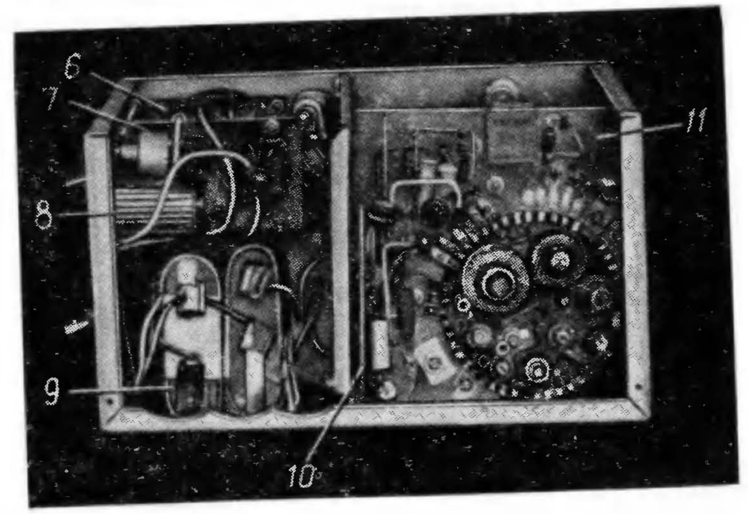




Рис. 5. Внешний и внутренний вид генератора.

*1* — переключатель поддиапазонов; *2* — ручка верньера; *3* — визирное устройство; *4* — переключатель $П_2$; *5* — выключатель $Вк_5$; *6* — плата индикатора включения; *7* — плата блока измерителя; *8* — батарея $Б_2$; *9* — батарея $Б_1$; *10* — генератор низкой частоты (ГНЧ); *11* — плата задающего генератора.

На передней панели прибора крепятся: переключатель диапазонов (ВЧ блок), верньерное устройство, блок аттенюатора, стрелочный прибор, регулятор глубины модуляции и выходные гнезда ВЧ и НЧ сигналов. Кроме того, на лицевой панели генератора находят-



ся круглый диск со шкалами и визирным устройством, ручка регулирования уровня ВЧ сигнала, шлиц корректировки питающего напряжения, неоновая сигнальная лампочка и тумблер переключения прибора из режима «Генератор» в режим «Волномер».

На правой боковой стенке расположены выключатель питания и тумблер переключения рода измерений: «Глубина модуляции» — «Уровень несущей»

## ОТДЕЛЬНЫЕ УЗЛЫ ГЕНЕРАТОРА СТАНДАРТНЫХ СИГНАЛОВ

### Задающий генератор

**Принципиальная схема и ее расчет.** Полная рабочая схема задающего генератора показана на рис 2 Для получения в одном генераторе частот в достаточно широком диапазоне принято оптимальное количество поддиапазонов — 8. Распределение частот по поддиапазонам следующее:

I. 100—250 *кгц*; II. 250—625 *кгц*, III. 625—1 460 *кгц*, IV. 1,46—4,0 *Мгц*; V. 4,0—10,0 *Мгц*; VI. 10,0—25,0 *Мгц*; VII. 25,0—50,0 *Мгц*; VIII. 50,0—90,0 *Мгц*.

Коэффициенты перекрытия по частоте $K_f$ на I—VI поддиапазонах равны 2,5, а на VII и VIII поддиапазонах — 2 и 1,8 соответственно.

На каждом из поддиапазонов работают свои элементы *LC* контура, которые подключаются к точкам *1—6* схемы при помощи переключателя поддиапазонов $П_{1а}$ (рис 4).

Резонансное сопротивление катушки *L* контура на I—V диапазонах довольно велико, поэтому амплитуда напряжения высокой частоты на катушке $L^к$ близка к напряжению питания $E_п$, а напряжение на контурной катушке *L* может превышать напряжение питания (15—20 *в* на I диапазоне) Однако при переходе к более высоким частотам напряжение на контуре снижается, и на VI—VIII диапазонах оно равно 10—2 *в*.

Напряжение, снимаемое с контура (контакт *3* переключателя $П_{1а}$), равно 1,3—1,1 *в*. Для получения примерно одинакового выходного напряжения на разных поддиапазонах отношение части витков контура, с которой снимается напряжение, ко всему числу витков контура (величина $n_{нагр}/n_{конт}$) при переходе к более высоким частотам повышается

Относительная равномерность амплитуды выходного сигнала по диапазону достигается за счет неполного включения катушек в схему и установки шунтирующего резистора $R_5$. На I—V поддиапазонах неравномерность составляет 10—15%, а на остальных поддиапазонах она больше.

Наличие в генераторе измерителя ВЧ сигнала позволяет контролировать выходное напряжение и устанавливать его величину на любом из поддиапазонов.

На высоких частотах (десятки мегагерц) в силу влияния конечного времени распространения носителей заряда внутри транзистора появляется фазовый сдвиг между входным и выходным токами (выходной ток отстает по времени от входного). Это обстоятельство затрудняет выполнение условия баланса фаз. Для некоторой компенсации этого явления в схему введен конденсатор $C_{11}$ (рис. 2), который устанавливается не на всех поддиапазонах.

Конденсатор $C_{19}$ служит для обеспечения расчетного перекрытия по емкости конденсатора $C_1$ на VII—VIII поддиапазонах. $C_{18}$— подстроечный конденсатор, используемый для подгонки границ поддиапазонов

Расчет резисторов $R_1$—$R_4$ ведется по следующим формулам:

$$R_4 = \frac{U_э}{I_0};$$

$$R_2 = 3R_4;$$

$$R_3 = R_2 \frac{E_п - U_э}{U_э}; \qquad (3)$$

$$R_1 = \frac{E_п - U_к}{I_0},$$

где $E_п$ — напряжение источника питания, *в*;

$U_э$ — напряжение на зажимах эмиттер — корпус, *в*;

$U_к$ — напряжение между коллектором и корпусом, *в*;

$I_0$ — ток коллектора.

$U_к$ и $U_э$ принимают равными:

$U_к = 0{,}8\ E_п$; $U_э = 0{,}2\ E_п$.

$I_0$ задаются в пределах 1,5—4 *ма*. Выбрав $E_п = 8$ *в*, $I_0 = 1{,}5$ *ма* и подставив эти значения в формулы (3), получим:

$R_4 = 1{,}07$ *ком*, принимаем стандартное значение $R_4 = 1$ *ком*, $R_2 = 3{,}21$ *ком*, принимаем $R_2 = 3{,}3$ *ком*; $R_3 = 12{,}7$ *ком*, принимаем $R_3 = 13$ *ком*; $R_1 = 1{,}07$ *ком*, принимаем $R_1 = 1$ *ком*.

Покажем на примере I поддиапазона, как рассчитываются элементы задающего генератора: конденсаторы и катушки индуктивности.

При расчете автогенератора исходят из предпосылок, что в установившемся режиме амплитуда напряжения и тока в генераторе определяются режимом транзистора по постоянному току и величиной сопротивления нагрузки в цепи коллектора (т. е. действительным резонансным сопротивлением контура с учетом влияния на него транзистора и выходных цепей генератора). Режим по постоянному току в цепи коллектора выбирается таким, что автогенератор работает на линейном участке коллекторных характеристик, при этом обеспечивается наибольшая стабильность амплитуды и частоты и наименьшие искажения формы выходного напряжения.

На I поддиапазоне задано:

верхняя частота генерации $f_в = 0{,}25$ *Мгц*;

нижняя частота генерации $f_н = 0{,}10$ *Мгц*;

коэффициент перекрытия по частоте $K_f = \frac{f_в}{f_н} = 2{,}5$.

Параметры нагрузки задающего генератора:

а) напряжение, снимаемое с контура, $u_н = 1{,}2$ *в* (задаемся);

б) сопротивление нагрузки $R_н = 5$ *ком*; под сопротивлением нагрузки в данном случае понимаем входное сопротивление эмиттерного повторителя, на который подается напряжение с части контура $L_1$.

Величины индуктивности и емкости колебательного контура для получения одной и той же резонансной частоты могут быть подобраны различным образом. Здесь учитывают то, что увеличение емкости контура значительно ослабляет влияние паразитных емкостей. Кроме того, высокая емкость колебательного контура уменьшает паразитную частотную модуляцию. Но, с другой стороны, при увеличении емкости контура снижается его резонансное сопротивление и ухудшаются условия генерации.

Для описываемого генератора стандартных сигналов выбрана емкость переменного конденсатора в пределах 5—220 *пф*.

Подсчитаем емкость контура.

В контур, кроме емкости конденсатора настройки, дополнительно вносятся следующие емкости:

а) собственная емкость катушки $C_L$, которая на I поддиапазоне равна примерно 7 *пф*;

б) приведенные емкости транзистора (принимаем $C_{тр} = 5$ *пф*);

в) емкость монтажа и переключателя диапазонов $C_м$ (можно принять $C_м = 10$ *пф*);

г) емкость подстроечного конденсатора $C_п$.

Если допустить, что все указанные емкости подсоединяются к контуру параллельно, то вносимая емкость будет равна:

$$C_{вн} = C_L + C_{тр} + C_м + C_п. \qquad (4)$$

С другой стороны, исходя из коэффициента перекрытия по частоте $K_f$, а также из минимальной и максимальной емкостей конденсатора настройки $C_{конд\cdot мин}$, $C_{конд\ макс}$, вносимая емкость может быть вычислена по формуле

$$C_{вн} = \frac{C_{конд.\ макс} - K_f^2 C_{конд.\ мин}}{K_f^2 - 1}. \qquad (5)$$

Подставив цифровые данные в формулу (5), получим $C_{вн} = 36$ *пф*.

Из формулы (4), учитывая, что $C_п = C_5$, находим:

$$C_5 = C_{вн} - (C_L + C_{тр} + C_м);\ C_5 = 14\ пф.$$

Таким образом, для получения необходимого перекрытия потребуется подстроечный конденсатор с емкостью около 14 *пф*. Выбираем его емкость в пределах 2—25 *пф*.

Максимальная емкость колебательного контура равна:

$$C_{конт.макс} = C_{конд.макс} + C_{вн}.$$

После подстановки получаем $C_{конт.макс} = 256$ *пф*.

Вычисляем индуктивность катушки I поддиапазона:

$$L_1 = \frac{25\,330}{f_н^2 C_{конт.\ макс}},\ мкгн, \qquad (6)$$

где $f_н$ — в мегагерцах, $C_{конт.макс}$ — в пикофарадах.

Подставив известные величины в формулу (6), получим: $L_1 = 9\,900$ *мкгн*.

Таким образом, параметры колебательного контура найдены.

Далее проводится расчет для определения коэффициентов связи контура и нагрузки с генератором, а также проверяется работа генератора на устойчивость и отсутствие искажений.

1. Выбираем коэффициент связи контурной катушки с транзистором, принимая его приближенно равным $k_к \approx n_к/n$, где $n_к$ — число

витков коллекторной катушки $L^{к}_{1}$, $n$ — число витков контурной катушки $L_1$. Задаемся $k_к=0{,}155$.

2. Задаемся коэффициентом обратной связи $k_{о.с}=0{,}022$.

3. Задаемся коэффициентом нагрузки $k_н$, т. е. отношением напряжения, снимаемого с части контура, к напряжению на всем контуре, $k_н=\frac{u_н}{u_{конт}}=0{,}08$.

4. Определяем резонансное сопротивление ненагруженного контура на высшей и низшей частоте поддиапазона по формулам (7) и (8):

$$R'_{к.в}=6{,}28LQf_в 10^{-3}\ ком; \quad (7)$$

$$R'_{к.н}=6{,}28LQf_н 10^{-3}\ ком, \quad (8)$$

где $L$ — индуктивность контурной катушки, *мкгн*;
$Q$ — добротность катушки;
$f_в$, $f_н$ — частота, *Мгц*.

Принимаем $Q=100$. Такое значение добротности легко получить с помощью катушки индуктивности с ферритовым сердечником.

После подстановки в формулы (7) и (8) получаем:

$$R'_{к.в}=1\,560\ ком,$$

$$R'_{к.в}=622\ ком.$$

5. Находим сопротивление, «вносимое» в контур со стороны входных и выходных цепей генератора:

$$R_{вн}=\frac{R_н R_{вх}}{R_н k^2_{о.с}+R_{вх}k^2_н},\ ком. \quad (9)$$

В этой формуле $R_{вх}$ — входное сопротивление транзистора (между электродами эмиттер — база). Для схемы с общей базой $R_{вх}=r_э$;

$$r_э=\frac{26\cdot10^{-3}}{I_0},\ ком,\quad r_э=\frac{26\cdot10^{-3}}{1{,}5}=17{,}3\cdot10^{-3}\ ком$$

Подставив значения входящих в формулу (9) величин, получим $R_{вн}=35$ *ком*.

6. Определяем резонансное сопротивление нагруженного контура с учетом вносимых сопротивлений:

$$R_{к.в}=\frac{R'_{к.в}R_{вн}}{R'_{к.в}+R_{вн}},\ ком \quad (10)$$

$$R_{к.н}=\frac{R'_{к.н}R_{вн}}{R'_{к.н}+R_{вн}},\ ком. \quad (11)$$

где $R_{к.в}=34$ *ком*; $R_{к.н}=33$ *ком*.

7. Проверим условия возбуждения на частоте $f_н$ (худший случай), исходя из 3-кратного запаса:

$$\frac{R_{к.н}k_{о.с}k_к}{r_э}\geqslant3; \quad (12)$$

$$\frac{33\cdot0{,}022\cdot0{,}155}{17{,}3\cdot10^{-3}}=6{,}5>3.$$

Таким образом, условия возбуждения соблюдены.



8. Работа генератора в режиме без искажений может быть обеспечена, если соблюдено условие:

$$\psi=\frac{U_к}{2I_0R_{к.в}k^2_к}\geqslant1{,}0. \quad (13)$$

Здесь $\psi$ — отношение постоянного напряжения $U_к$ к амплитуде напряжения на коллекторе. С учетом приведенных выше соотношений для расчета резисторов $R_1$—$R_4$ выражение (13) может быть упрощено:

$$\psi=\frac{1{,}5R_4}{R_{к.в}k^2_к}\geqslant1{,}0. \quad (14)$$

Подставив данные в формулу (14), получим:

$$\psi=1{,}84>1{,}0.$$

Это условие также соблюдено. Если бы оказалось, что условия (12) и (13) не соблюдаются, то следовало бы задаться новыми значениями коэффициентов связи контура со входом и выходом транзистора и расчет повторить.

9. Определим величину емкости конденсатора $C_{12}$ (рис. 2) из того условия, что напряжение обратной связи, снимаемое с катушки $L^c$, приложено к последовательно соединенным емкостному сопротивлению конденсатора $C_{12}$ и активному сопротивлению входа транзистора $R_{вх}$:

$$C_{12}=\frac{160k_{о.с}}{f_н R_{вх}}\sqrt{\frac{1}{\left(\frac{n_{о.с}}{n}\right)^2-k^2_{о.с}}},\ пф. \quad (15)$$

Величина $n_{о.с}/n$ есть отношение числа витков катушки обратной связи к числу витков контурной катушки. Эту величину выбирают из конструктивных соображений в пределах 0,05—0,5 (отношение растет с ростом рабочей частоты). Для I поддиапазона выбрано:

$$\frac{n_{о.с}}{n}=0{,}078.$$

После подстановки в формулу (15) получаем $C_{12}=27\,300$ *пф*.

Принимаем к установке конденсатор емкостью $C_{12}=0{,}022$ *мкф* (по схеме рис 4 — это конденсатор $C_4$).

10. Вычислим амплитуду напряжения ВЧ на контуре:

$$u_к=2I_0R_{к.н}k_к; \quad (16)$$

$$u_к=2\cdot1{,}5\cdot33\ \ 0{,}155=15{,}3\ в.$$

11. Напряжение на отводе катушки при этом будет равно:

$$u_н=k_н u_к;\ u_н=0{,}08\cdot15{,}3=1{,}22\ в$$

В начале расчета мы задались величиной выходного напряжения $u_в=1{,}2$ *в*; таким образом, совпадение получилось хорошим. В случае значительного расхождения (более 15%) нужно задаться новым значением $k_н$ и повторить расчет.

Следующим этапом является выполнение конструктивного расчета контурных катушек по найденным индуктивностям. Предварительно задаются типом катушек, затем производят расчет по общеизвестным формулам (см., например, «Справочный листок» в журнале «Радио» № 1 и 2 за 1964 г.).

В результате расчета получают значения числа витков контурных катушек для каждого из поддиапазонов.

Число витков катушки обратной связи находят в соответствии с ранее принятым отношением $n_{о.с}/n$:

$$n_{о.с} = \left(\frac{n_{о.с}}{n}\right) n.$$

Для обеспечения расчетной величины коэффициента связи контура с коллекторной цепью транзистора необходимо выполнить катушку $L^к$ с числом витков, определяемым соотношением

$$n_к = k_к n.$$

Отвод от $n_н$ витка катушки для съема ВЧ напряжения находят из равенства

$$n_н = k_н n.$$

**Конструкция и детали.** Задающий генератор смонтирован на плексигласовой плате, которая укреплена на каркасе переключателя диапазонов. Все элементы ВЧ контуров устанавливаются на подвижной плате дискового переключателя

На каждом из диапазонов к контактам *1—6* генератора (рис. 4) подключаются соответствующие катушки.

На I—IV диапазонах контурные катушки выполнены на сердечниках диаметром 8 *мм*, $l=40$ *мм* из феррита, марки Ф600 (рис 6). Контурные катушки наматываются внавал, ширина намотки — 5 *мм*. По окончании намотки витки катушки скрепляются нитками и заливаются парафином.

Сверху и снизу контурной катушки, вплотную к ней, размещаются катушки связи $L^с$ и $L^к$. Для возможности перемещения по сердечнику с целью подстройки контура катушки $L$, $L^с$ и $L^к$ наматываются на одном бумажном кольце шириной 20 *мм*, скользящем по сердечнику с легким трением.

Катушка V поддиапазона намотана на каркасе из органического стекла с внешним диаметром 10 *мм*. Намотка рядовая.

Для катушек VI—VII поддиапазонов использованы каркасы от КВ катушек приемника «Спидола». Диаметр каркасов 6 *мм*. Внутри катушек V—VII поддиапазонов устанавливаются подстроечные сердечники диаметром 3 *мм* из феррита марки Ф100 (рис. 6).

При выполнении катушек для V—VII поддиапазонов витки связи $L^с$ и $L^к$ следует размещать между витками контурной катушки.

Данные обмоток катушек для всех поддиапазонов помещены в таблице. Рекомендуется после изготовления катушек измерить величину их индуктивностей и затем подгонкой числа витков $n$ катушек добиться соответствия их индуктивностей расчетным значениям.

В качестве органа настройки в конструкции генератора применен одинарный малогабаритный конденсатор переменной емкости фирмы «Тесла» с номинальной емкостью 5—350 *пф*. Однако непосредственно для установки в прибор он не пригоден не только из-за несоответствия величины его емкости расчетному значению, но и потому, что



имеет значительный люфт подвижной системы. Это приводит к неоднообразной установке частоты по шкале прибора.

Поэтому конденсатор следует подвергнуть некоторой переделке, заключающейся в следующем. Конденсатор разобрать и удалить 5 подвижных и 5 статорных пластин. Максимальная емкость конденсатора после его переделки будет равна 220 *пф*. Затем нужно выточить из бронзы новую ось, длиннее старой на 12 *мм*, и собрать конденсатор. Конденсатор поместить в экран из листовой меди. Из оргстекла $\delta=10$ *мм* вырезать накладку с отверстием, в точности равным диаметру оси (6 *мм*). На ось конденсатора надеть накладку и привинтить ее к корпусу конденсатора винтами М3, которые, пройдя через отверстие диаметром 3,5 *мм* в экране, прочно соединят последний с корпусом и накладкой. Накладку прикрепить к лицевой панели генератора.

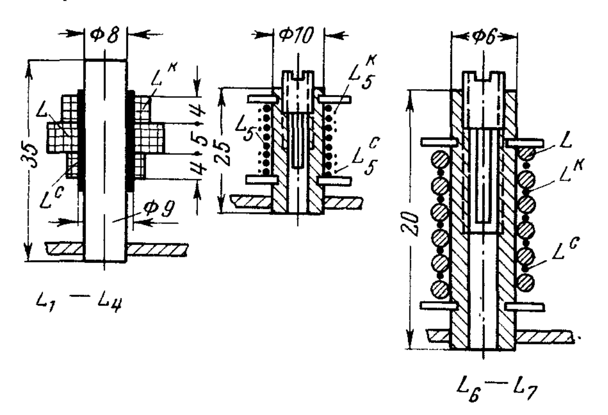



Рис. 6. Конструкция контурных катушек.

Для коммутации цепей в радиотехнических устройствах широко применяются стандартные переключатели диапазонов галетного типа, набранные из одной или более плат в зависимости от количества переключений.

Однако при применении этих переключателей в высокочастотных цепях ($f>5$ *Мгц*) начинают сказываться их недостатки, особенно при нескольких платах: большая собственная емкость и индуктивность, невозможность избежать длинных проводников при подключении контактов к схеме, усложнение монтажа.

Суммарная емкость переключателя и соединительных проводов на высоких частотах становится соизмеримой с емкостью конденсатора настройки и, складываясь с последней в начале и конце поддиапазона, значительно уменьшает перекрытие по емкости и частоте. Кроме того, затрудняется получение в генераторах колебаний с частотой более 50 *Мгц*.

Указанные трудности удалось преодолеть применением в описываемом ГСС дискового переключателя диапазонов сравнительно простой конструкции, доступной для самостоятельного изготовления. При этом намного упростилась сборка, монтаж и наладка ВЧ блока на всех поддиапазонах.

## Данные контурных катушек

| Поддиапазон, *Мгц* | Обозначение катушки | Индуктивность, *мкгн* | Внутренний диаметр намотки, *мм* | Каркас | Сердечник | Число витков | Марка провода | Число витков до отвода от заземленного конца |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I<br>0,1—0,25 | $L_1$ | 9 900 | 9 | Электрокартон | Феррит Ф600 | 450 | ЛЭШО 0,07×7 | 36 |
| | $L_1^к$ | — | 9 | | — | 70 | ПЭЛШО 0,18 | — |
| | $L_1^с$ | — | 9 | | — | 35 | ПЭЛШО 0,18 | — |
| II<br>0,25—0,625 | $L_2$ | 1580 | 9 | Электрокартон | Феррит Ф600 | 195 | ЛЭШО 0,07×7 | 20 |
| | $L_2^к$ | — | 9 | | — | 32 | ПЭЛШО 0,18 | — |
| | $L_2^с$ | — | 9 | | — | 12 | ПЭЛШО 0,18 | — |
| III<br>0,625—1,56 | $L_3$ | 257 | 9 | Электрокартон | Феррит Ф500 | 74 | ЛЭШО 0,07×7 | 6 |
| | $L_3^к$ | — | 9 | | — | 11 | ПЭЛШО 0,18 | — |
| | $L_3^с$ | — | 9 | | — | 3 | ПЭЛШО 0,18 | — |
| IV<br>1,56—4,0 | $L_4$ | 41 | 9 | Электрокартон | Феррит Ф600 | 30 | ЛЭШО 0,07×7 | 5 |
| | $L_4^к$ | — | 9 | | — | 8 | ПЭЛШО 0,18 | — |
| | $L_4^с$ | — | 9 | | — | 3 | ПЭЛШО 0,18 | — |

*Продолжение*

| Поддиапазон *Мгц* | Обозначение катушки | Индуктивность *мкгн* | Внутренний диаметр намотки *мм* | Каркас | Сердечник | Число витков | Марка провода | Число витков до отвода от заземленного конца |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V<br>4,0—10,0 | $L_5$ | 6,20 | 10 | Оргстекло | Феррит Ф100 | 28 | ЛЭШО 0,07×7 | 5 |
| | $L_5^к$ | — | 10 | | — | 8 | ПЭЛШО 0,18 | — |
| | $L_5^с$ | — | 10 | | — | 2 | ПЭЛШО 0,18 | — |
| VI<br>10,0—25,0 | $L_6$ | 2,00 | 6 | Полистирол | Феррит Ф100 | 10 | ПЭЛ 0,5 | 2 |
| | $L_6^к$ | — | 6 | | — | 6 | ПЭЛШО 0,18 | — |
| | $L_6^с$ | — | 6 | | — | 3 | ПЭЛШО 0,18 | — |
| VII<br>25,0—50,0 | $L_7$ | 0,55 | 6 | Полистирол | Феррит Ф100 | 6 | ПЭЛ 0,8 | 2 |
| | $L_7^к$ | — | 6 | | — | 3 | ПЭЛШО 0,18 | — |
| | $L_7^с$ | — | 6 | | — | 2 | ПЭЛШО 0,18 | — |
| VIII<br>50,0—90,0 | $L_8$ | 0,09 | 30 | Без каркаса | — | 1,0 | Голый медный диаметром 1,5 *мм* посеребренный | 1/3<br>1/4 |
| | $L_8^к$ | — | 30 | | — | 1,3 | ПЭЛШО 0,18 | — |

Суммарная емкость дискового переключателя и монтажа составляет величину порядка 5 *пф* (при галетном переключателе ~20 *пф*).

На рис. 7 показано устройство двухдискового переключателя на 8 положений. Неподвижная плата *1*, выполняемая из гетинакса или оргстекла, укрепляется на металлической скобе *5*. Последняя при помощи стальных втулок *2*, гаек *3* (гайка М3, 10 шт.) и винтов *4* (М3×28, 2 шт.) присоединяется к поворотно-фиксирующему устройству, в качестве которого используется механическая система стандартного галетного переключателя *14*. На оси *15* устанавливается диск стального фиксатора *13* и стержень *6* с поводком *10*. Стержень проходит через направляющее отверстие в скобе *5*.

В неподвижной плате *1* имеется отверстие диаметром 73,5 *мм*, в плоскости которого при помощи удерживающих планок (из оргстекла) *11*, *12* размещается поворотный диск *9* с контактами по окружности. На диске *9* монтируются элементы колебательных контуров всех поддиапазонов, кроме конденсатора настройки. Выводы катушек подпаиваются к соответствующим контактам диска. В центре диска *9* имеется прорезь, куда входит с минимальным зазором поводок *10*. Для возможности прохода при сборке поводка через направляющее отверстие в скобе *5* делается прорезь по толщине поводка (вид *Д*). При помощи стержня с поводком осуществляется поворот диска при переключениях.

Группа неподвижных контактов размещается на плате *1* в месте, где собираются стационарные элементы схемы задающего генератора (транзистор, резисторы и др.) Крепление неподвижных контактов и их положение при контактировании с подвижными показано на разрезе *В—В*

В каждом положении переключателя с неподвижными контактами соприкасается 6 контактов поворотного диска *9*, а всего на этом диске 6×8=48 контактов При включении данного поддиапазона все остальные ВЧ элементы задающего генератора полностью отключаются от схемы и находятся на некотором удалении от неподвижных контактов (значительно большем, чем это имеет место в галетном переключателе) Катушки включенного поддиапазона оказываются в непосредственной близости от транзистора генератора, за счет чего уменьшаются паразитные емкости и индуктивности соединительных проводов. Катушки всех поддиапазонов находятся при этом в одинаковых условиях.

Для повышения надежности работы, упрощения сборки и доводки поворотный диск дискового переключателя имеет специальную конструкцию.

Диск состоит из двух основных частей: основания диаметром 62 *мм* (оргстекло, δ=3 *мм*) и контактного кольца *8* (гетинакс. δ=1,0 *мм*). Кольцо имеет фиксирующие пазы на наружной и внутренней кромке, в которые на клею устанавливаются контакты (см. сечение *Б—Б*, узел I). Контактное кольцо плотно насаживается на основание диска. При сборке после нахождения оптимального положения контактного кольца относительно основания оно скрепляется с последним клеем.

Механическая часть галетного переключателя, используемая в данной конструкции в качестве поворотного и фиксирующего устройства, подвергается следующей переделке.

1. Удалить из паза оси плоский стержень и диск фиксатора.
2. Из твердой стали δ=1,2÷1,5 *мм* изготовить новый фиксирующий диск с 8 углублениями. Углубления разместить равномерно по всей окружности диска *13*. Диск крепить на оси тем же способом, как и до переделки
3. Из стального прутка диаметром 6 *мм* изготовить новый стержень *6* и укрепить в прорези оси переключателя расклепкой боковых кромок оси.
4. Поводок *10* изготовить из листовой стали δ=1,2÷1,5 *мм* и укрепить его в прорези стержня стальной заклепкой с потайными головками. В качестве поводка *21*, с помощью которого вращается второй поворотный диск переключателя, можно использовать винт М3 длиной 20 *мм*, который ввинчивается в резьбовое отверстие стержня.

Второй поворотный диск *20* имеет конструкцию, аналогичную конструкции диска *9*. Но на контактном кольце *19* в каждой из 8 групп контактов имеется только *4* ламели.

Вторая неподвижная плата *16* изготовляется из оргстекла δ=3 *мм* и прикрепляется к плате *1* при помощи двух шпилек *17* (М3).

Во избежание перекоса второго поворотного диска предусмотрена направляющая вилка *23*, сделанная из оргстекла, которая прикрепляется винтом к скобе *5*.

В качестве неподвижных контактов *18* используются контакты от стандартного переключателя, которые немного подгибаются и укрепляются на платах *1* и *16* латунными заклепками (сечение *В—В*). Толщина этих контактов не должна быть менее 0,25 *мм*.

Подвижные контакты *22*, устанавливаемые на контактных кольцах, выполняются из полосок латуни размером 15×2 *мм*, толщиной 0,2—0,25 *мм*. Полоски желательно посеребрить (сечение *Б—Б*).

На основаниях поворотных дисков *9* и *20* делаются необходимые отверстия и устанавливаются монтажные стойки для крепления и монтажа катушек, конденсаторов и резисторов.

При изготовлении переключателя следует особо тщательно выполнить разметку контактных колец и диска фиксатора.

Сборку переключателя производят в следующей последовательности. С механической частью соединяется скоба *5*. В отверстие стержня *6* ввинчивается винт *21*. Диск *20* со своим гетинаксовым контактным кольцом *19* надевается на стержень *6* таким образом, чтобы поводок оказался в прорези диска

Плата *1* винтами *7* (винт М3×10, 6 шт.) крепится к скобе *5*. В отверстие платы *1* вставляется поворотный диск *9* с насаженным на него предварительно (без клея) гетинаксовым контактным кольцом *8*. При этом поводок *10* должен войти в паз в основании диска, а подвижные контакты — между верхними и нижними неподвижными ламелями. Затем устанавливают неподвижную плату *16*, прикрепив ее шпильками к плате *1*. Неподвижные контакты на этой плате должны охватить своими ламелями подвижные контакты.

Затем проверяется качество соприкосновения контактов поворотных дисков с неподвижными контактами при всех положениях переключателя. Путем поворота контактных колец относительно оснований добиться оптимального их положения и закрепить кольца клеем БФ-2.

Поворотный диск *9* фиксируется на плате *1* при помощи планок *11*, *12* после выполнения на нем монтажа ВЧ схемы. Планки *12* приклеиваются к плате *1* снизу дихлорэтановым клеем, а планки *11* прикрепляются к плате *1* сверху винтами *7*.

Монтаж на втором диске *20* несложный и может быть осуществлен после сборки переключателя, при наладке модулятора.

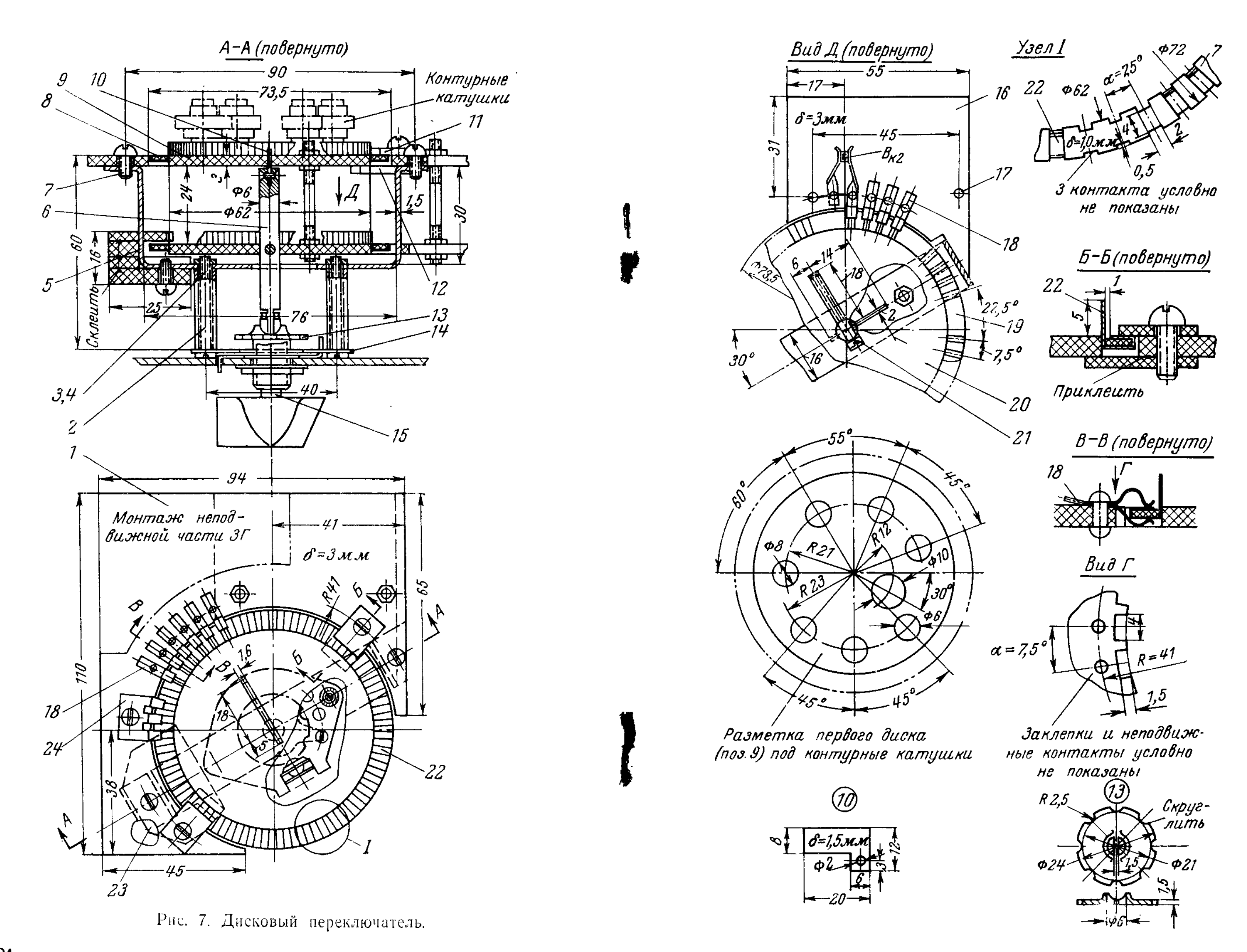



Рис. 7. Дисковый переключатель.

Необходимо обратить внимание читателя на то, что надежная работа описанного переключателя диапазонов может быть достигнута в том случае, если будут сведены до минимума все люфты в прорезях поворотных дисков, в отверстии для шарика фиксатора, между шариком и выемкой на фиксирующем диске.

**Предварительная наладка.** К собранному блоку задающего генератора подключить две последовательно соединенные батареи КБС-0,5 через переменное сопротивление 1 *ком*. С помощью этого сопротивления установить напряжение питания, равное 8 *в*. Включив миллиамперметр в цепь коллектора (точка *а*, рис. 2), проверить коллекторный ток при замкнутой катушке $L^c$. Он должен быть равен 1,5 *ма*.

Затем, разомкнув катушку $L^c$ и подключив ВЧ вольтметр к точкам «+» и *б* (рис. 2), определяют наличие генерации на каждом из поддиапазонов. При отсутствии показаний вольтметра следует переключить концы катушки $L^c$.

Необходимо убедиться в наличии генерации по всему проверяемому поддиапазону. В случае, если обнаруживается срыв колебаний на низкочастотной части поддиапазона, необходимо увеличить емкость конденсатора в цепи катушки $L^c$ или увеличить число витков этой катушки. Добиться генерации на высокочастотном участке поддиапазона можно уменьшением емкости конденсатора в цепи обратной связи.

При подборе оптимального числа витков катушки $L^c$, особенно на VI—VIII поддиапазонах, нужно быть очень внимательным, ибо имеют значение даже доли витка.

При наладке может обнаружиться резкое уменьшение ВЧ напряжения на среднем участке поддиапазона. Связано это с резонансными явлениями. В какой-нибудь точке поддиапазона частота генерации совпадает с резонансной частотой колебательного контура соседнего поддиапазона (обычно более низкочастотного), образованного индуктивностью катушки и ее собственной емкостью. Происходит «отсос» энергии из рабочего контура и выходное напряжение уменьшается.

Для борьбы с этим явлением необходимо закорачивать контур соседнего поддиапазона. Такое закорачивание контура в предлагаемом переключателе осуществляется автоматически с помощью контактов *24* (рис. 7).

Следующей операцией наладки является предварительная укладка заданных частот в границах поддиапазонов.

Подгонку частоты в начале поддиапазона (минимальная емкость конденсатора настройки) производят подстроечным конденсатором. При этом, если необходимо уменьшить частоту, емкость конденсатора увеличивают. В случае, если емкость подстроечного конденсатора окажется недостаточной, параллельно ему подключают постоянный конденсатор величиной 10—18 *пф* и настройку повторяют.

В конце поддиапазона подгонку частоты производят изменением индуктивности контурной катушки (перемещая ее по сердечнику или корректируя число витков). Если нужно увеличить частоту, то число витков уменьшают либо выворачивают сердечник (на поддиапазонах V—VII). Для уменьшения частоты поступают противоположным образом.

Предварительную укладку поддиапазонов нужно произвести с некоторым запасом ($K_f$=2,6÷2,7), так как при подключении к задающему генератору остальных блоков прибора и после помещения их в корпус граничные частоты несколько изменяются. По этой же причине градуировка прибора выполняется только после окончательной сборки.



Величина выходного ВЧ напряжения в задающем генераторе, измеренная между точками «+» и *б*, должна быть равна 1,8—1,4 *в* на I—V поддиапазонах и 1,4—0,8 *в* на VI—VIII поддиапазонах. Эти напряжения имеют место в режиме холостого хода задающего генератора, ибо эмиттерный повторитель (нагрузка) еще не подключен.

При значительном отклонении ВЧ напряжения от указанных величин повышения уровня выходного сигнала можно добиться увеличением числа витков между корпусом и отводом контурной катушки. Однако корректировка выходного напряжения указанным способом на VII—VIII поддиапазонах впоследствии может привести к сокращению коэффициента перекрытия по частоте из-за влияния входной емкости эмиттерного повторителя. Поэтому нецелесообразно на этих поддиапазонах устанавливать величину выходного сигнала путем изменения величины $k_н$. Более рациональным является путь повышения добротности контурных катушек известными методами (серебрение провода, оптимальный выбор материала каркаса и сердечника и т. п.).

## Модулятор

**Принципиальная схема модулятора.** Модулятор состоит из двух частей: генератора звуковой частоты 400 *гц* и собственно модулятора, в котором осуществляется процесс преобразования немодулированных ВЧ колебаний в модулированные

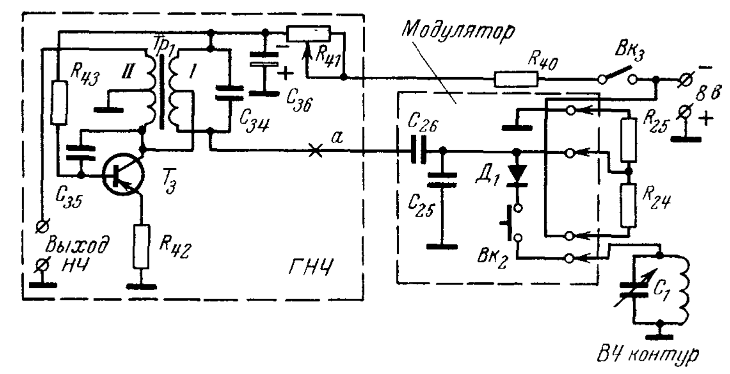



Рис. 8. Схема модулятора.

Схема модулятора показана на рис. 8. Генератор НЧ выполнен на транзисторе П13 по обычной схеме с общим эмиттером с *LC*-контуром в цепи коллектора. В схеме генератора могут быть использованы транзисторы типа П14 и П15, имеющие коэффициент усиления β=30÷50.

Частота генерации определяется индуктивностью обмотки *I* и емкостью конденсатора $C_{34}$. Положительная обратная связь подается с половины обмотки *II* в цепь базы через разделительный конденса-

тор $C_{35}$. С помощью резистора $R_{43}$ задается смещение на базу транзистора.

Для получения оптимальной величины положительной обратной связи, обусловливающей генерацию синусоидального напряжения без искажений, в цепь эмиттера введено сопротивление $R_{42}$, создающее отрицательную обратную связь по току. Конденсатор $C_{36}$ блокировочный.

Верхняя половина обмотки *II* используется в качестве нагрузки, с которой напряжение НЧ подводится к гнездам «Выход НЧ» Такое построение выходной цепи позволяет получить низкое выходное сопротивление ГНЧ. Максимальная величина выходного напряжения 1 *в*.

Для сокращения числа органов управления регулирование выходного напряжения НЧ, а также напряжения, поступающего с ГНЧ на смеситель, производится одним переменным резистором $R_{41}$.

Часто применяемая в этих целях схема шунтирования *LC*-контура или нагрузочной обмотки переменным резистором имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что при малых напряжениях звуковой частоты возникает пульсация амплитуды НЧ сигнала и неустойчивость в работе генератора. Поэтому становится затруднительным получение плавной регулировки глубины модуляции в пределах 0—20% Примененная в ГНЧ схема позволяет плавно изменять выходное напряжение и регулировать глубину модуляции, начиная примерно с 5% Недостатком ее является изменение частоты генерации при регулировании (примерно на 10%).

Выключатель $Вк_3$ служит для отключения схемы ГНЧ при работе без модуляции с целью экономии энергии источника питания.

Как уже упоминалось, существенным недостатком транзисторных генераторов является возникновение частотной модуляции наряду с амплитудной при обычных схемах модуляции, например, при подаче модулирующего напряжения в цепь питания транзистора генератора ВЧ.

Вообще при осуществлении модуляции в задающем генераторе очень трудно избежать паразитной модуляции. Хороших результатов можно достичь, если модулировать ВЧ сигнал в усилителе ВЧ после задающего генератора. Так делается, например, в промышленных устройствах Но при таком способе модуляции усложняется конструкция многодиапазонного прибора.

В описываемом генераторе применена так называемая схема с шунтирующим диодом Как известно из теории, процесс преобразования ВЧ сигнала в модулированный может происходить только на нелинейном элементе В примененной схеме модуляции в качестве такого нелинейного элемента используется кремниевый диод Д105. Он подключается параллельно колебательному контуру задающего генератора через конденсатор $C_{25}$ Модулирующее напряжение снимается с контура ГНЧ и подводится к диоду через конденсатор $C_{26}$

Процесс модуляции происходит следующим образом. К диоду одновременно приложено три напряжения: постоянное напряжение отрицательного смещения (опорное напряжение), переменное напряжение с колебательного ВЧ контура и напряжение с ГНЧ. В направлении непропускания (при отрицательном смещении) диод обладает высоким сопротивлением и поэтому слабо шунтирует колебательный контур. Если же при некотором значении опорного напряжения амплитуда напряжения на контуре в отрицательный полупериод превысит величину отрицательного напряжения смещения на диоде, последний начнет проводить ток, сопротивление диода резко упадет, колебательный контур окажется зашунтированным, и амплитуда ВЧ напряжения уменьшится Иными словами, в контур вносятся дополнительные потери, вследствие чего добротность его снижается.



Если изменять опорное напряжение на диоде в такт с модулирующей частотой, то при определенных условиях добротность контура будет изменяться с той же частотой. Изменение добротности контура приводит к изменению амплитуды колебаний напряжения в нем, и, следовательно, ВЧ сигнал окажется промодулированным НЧ напряжением. Глубина модуляции зависит от амплитуды опорного напряжения, следовательно, от амплитуды модулирующего сигнала, формируемого ГНЧ.

Отрицательное напряжение смещения на диоде $Д_1$ создается при помощи делителя $R_{25}$—$R_{24}$, подключенного параллельно батарее питания. Для достижения хорошего качества модуляции и достаточной ее глубины необходимо обеспечить оптимальную величину опорного напряжения на диоде Так как величина этого напряжения зависит от частоты и амплитуды ВЧ сигнала, то требуется подбор резисторов $R_{24}$ и $R_{25}$ на каждом поддиапазоне. Подключение делителя напряжения смещения к схеме модулятора осуществляется с помощью второй платы дискового переключателя.

Схема с шунтирующим диодом позволила значительно уменьшить паразитную частотную модуляцию, благодаря тому что начальная емкость диода весьма мала (около 1 *пф*) и, следовательно, ее влияние на колебательный контур незначительно. Подключение шунтирующего диода к контуру снижает выходное напряжение генератора на 20—50% в зависимости от поддиапазона. Поэтому для повышения выходного напряжения немодулированного ВЧ сигнала до уровня 1—1,2 *в* предусмотрено отключение шунтирующего диода с помощью выключателя $Вк_2$.

Схема модулятора позволяет получить амплитудную модуляцию ВЧ сигнала и от внешнего источника НЧ напряжения. В этом случае модулирующий сигнал с амплитудой не более 1 *в* подводится к гнездам «Выход НЧ», а внутренний генератор звуковой частоты отключается выключателем $Вк_3$. Внешний модулирующий сигнал через трансформатор $Тр_1$ передается на модулятор. Процесс образования модулированных колебаний происходит описанным выше способом.

Расчет генератора низкой частоты производится аналогично расчету задающего генератора, поэтому мы его здесь не приводим.

**Конструкция и детали.** ГНЧ выполнен на гетинаксовой плате размером 115×75×1,5 *мм*, устанавливаемой в приборе перпендикулярно лицевой панели (рис. 5). В качестве трансформатора $Тр_1$ использован согласующий трансформатор от приемника «Спидола», который подвергается некоторой переделке. Необходимо смотать вторичную обмотку, отмотать 1 100 витков с первичной обмотки, сделать вывод и снова намотать 1 100 витков. Затем намотать вторичную обмотку 300×2 витков проводом ПЭЛ 0,14. Одна половина вторичной обмотки используется в качестве катушки обратной связи, другая — в качестве нагрузки. После переделки трансформатор имеет следующие данные: сечение сердечника 8×8 $мм^2$, материал сердечника — пермаллой, провод первичной обмотки ПЭЛ 0,1. Постоянные резисторы и конденсаторы — любого типа В качестве переменного резистора $R_{41}$ желательно применить резистор с показательной характеристикой (тип «В»).

Для крепления платы ГНЧ используется резистор $R_{41}$. При помощи скоб он прикреплен к плате так, что ось резистора находится в плоскости платы. Резистор крепится к лицевой панели генератора обычным способом.

Выключатель $Вк_3$ встроен в резистор $R_{41}$. Выключатель шунтирующего диода самодельный. Он представляет собой стержень из оргстекла, выходящий на лицевую панель прибора. На конце стерженька имеется латунный контакт, который замыкает цепь шунтирующего диода. Общие для разных поддиапазонов детали модулятора размещаются на второй неподвижной плате дискового переключателя. Там же находятся и ламели выключателя $Вк_2$ шунтирующего диода. Резисторы $R_{24}$, $R_{25}$ (соответствующих номиналов для каждого поддиапазона) устанавливаются на втором диске переключателя поддиапазонов, путем припайки к соответствующим подвижным контактам.

**Налаживание.** Подключить к ГНЧ источник напряжения 8 *в*. Подбором сопротивления $R_{43}$ добиться, чтобы ток коллектора транзистора был равен 0,5—0,7 *ма*. При этом резистор $R_{41}$ должен быть выведен в крайнее левое положение (рис. 8). Высокоомным вольтметром проверить наличие напряжения НЧ на контуре или коллекторе транзистора. При отсутствии генерации переменить местами концы обмотки *I*. Величина напряжения, измеренная в точках «+» и *а* (рис. 8), должна быть равна 6—7 *в*. Подключить к гнездам «Выход НЧ» головные телефоны и прослушать тон звучания. Подбором сопротивления $R_{42}$ добиться неискаженного звучания. Более качественно отладку формы напряжения и частоты НЧ сигнала можно произвести, подключив к гнездам «Выход НЧ» осциллограф и наблюдая форму напряжения на его экране. Настройку контура ГНЧ на частоту 400 *гц* можно осуществить изменением величины емкости конденсатора $C_{34}$. На этом наладка ГНЧ заканчивается.

Модулятор (диод Д105 с цепями смещения) подключается и налаживается при окончательной сборке прибора.

## Буферный каскад (эмиттерный повторитель)

**Принципиальная схема.** Мы уже упоминали о том, что для согласования низкого входного сопротивления нагрузочных линий генератора и высокого резонансного сопротивления колебательного контура приходится снимать ВЧ напряжение с части контура. Но при этом не достигается полное согласование. Так, из приведенного выше расчета задающего генератора следовало, что резонансное сопротивление контура на частоте 100 *кгц* равно 622 *ком*. Выходное сопротивление задающего генератора на этой частоте при коэффициенте нагрузки $k_н = 0{,}08$ по результатам измерений равно 3 *ком*. Входное сопротивление аттенюатора равно 560 *ом*. Если подключить аттенюатор к выходу ЗГ через согласующее сопротивление, то в нагрузке получится очень низкий уровень выходного напряжения ВЧ (милливольты).

Для устранения влияния внешней нагрузки на частоту и амплитуду ВЧ сигнала и для более полной передачи ВЧ напряжения от задающего генератора в нагрузку в приборе применен согласующий узел — буферный каскад. Схема его показана на рис. 4. Основным элементом каскада является транзистор $T_2$ типа П423, включенный по схеме с общим коллектором. Особенностью такого каскада является высокое входное и низкое выходное сопротивления. Нагрузкой каскада является сопротивление $R_{29}$, включенное в цепь эмиттера. Резисторы $R_{26}$ и $R_{27}$ обеспечивают необходимое смещение в цепи базы. Конденсатор $C_{28}$ служит для заземления по переменному току. Конденсатор $C_{27}$ разделительный, предотвращает короткое замыкание по постоянному току базы транзистора $T_2$ через колебательный контур задающего генератора на корпус прибора. Резисторы $R_9 - R_{12}$ предотвращают самовозбуждение эмиттерного повторителя. Напряжение ВЧ с задающего генератора поступает на базу транзистора $T_2$. С резистора $R_{29}$ ВЧ напряжение через конденсаторы $C_{29}$, $C_{30}$ поступает на аттенюатор.

**Конструкция и детали.** Буферный каскад выполняется на гетинаксовой плате размерами 35×18×1,5 *мм* и вместе с блоком аттенюатора помещается в замкнутый экран из листовой меди. Экран имеет несколько отсеков. В центральном отсеке размещается потенциометр блока аттенюатора $R_{30}$ (рис. 4), в правом — эмиттерный повторитель и в нижних — резисторы ступенчатого аттенюатора (рис. 9).

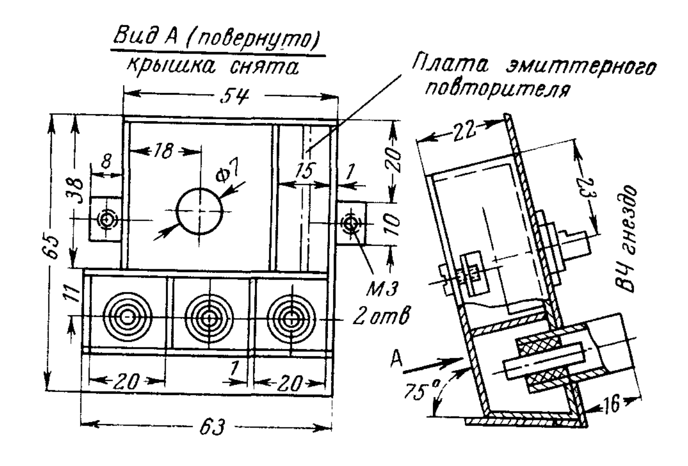



Рис. 9. Экран блоков аттенюатора и эмиттерного повторителя.

Крепится блок буферного каскада и аттенюатора к лицевой панели прибора при помощи гайки потенциометра $R_{30}$. Транзистор буферного каскада типа П423 с коэффициентом усиления $\beta = 40 \div 60$. Резисторы типа УЛМ, конденсатор $C_{28}$ слюдяной, конденсаторы $C_{29}$, $C_{30}$ типа КДК.

**Наладка.** Предварительная наладка заключается только в установлении тока коллектора 9,5 *ма* путем подбора резистора $R_{26}$ при подаче на каскад напряжения питания, равного 8 *в*. Окончательная наладка буферного каскада производится после подсоединения к нему задающего генератора и аттенюатора.

## Выходные цепи прибора

**Принципиальная схема.** К выходным цепям прибора относятся: плавный аттенюатор, ступенчатый аттенюатор, соединительный кабель и выносной делитель (рис. 4). Все указанные элементы в совокупности предназначены для обеспечения низкого выходного сопротивления ГСС, ослабления сигнала и для соединения исследуемых схем с прибором.

Плавный аттенюатор ($R_{30}$) представляет собой потенциометр типа СПО, позволяющий плавно изменять поступающее на него ВЧ напряжение в 10 раз и более. Резистор $R_{31}$ предназначен для выравнивания входного сопротивления аттенюатора при перемещении движка $R_{30}$. С движка потенциометра $R_{30}$ сигнал поступает на вход ступенчатого аттенюатора. Последний имеет три выходных ВЧ гнезда: «×1», «×0,01» и «×0,0001». Ступенчатый аттенюатор представляет собой делитель из П-образных звеньев, который ослабляет поступающее на его вход напряжение в 1, 100 и 10 000 раз. Применение в аттенюаторе высокоомных резисторов $R_{34}$ и $R_{36}$ обусловливает его высокое входное сопротивление. Это обстоятельство в сочетании с применением резистора $R_{31}$ позволяет существенно уменьшить влияние нагрузочных и внешних цепей на эмиттерную цепь буферного каскада. Кроме того, можно с гнезда «×1» снимать высокочастотное напряжение величиной до 1 *в*.

Для дополнительного ослабления сигнала предусматривается выносной делитель с двумя ВЧ гнездами. Он обеспечивает ослабление в 1 и 10 раз. Для удобства соединения испытуемых приборов с генератором выносной делитель установлен на конце соединительного высокочастотного кабеля. Один конец кабеля с помощью ВЧ штекера вставляется при работе с прибором в нужное ВЧ гнездо ступенчатого аттенюатора.

При конструировании выходных цепей генератора необходимо согласовывать между собой выходное сопротивление аттенюатора, волновое сопротивление ВЧ кабеля и входное сопротивление выносного делителя. Если соединительный кабель не будет согласован с нагрузкой, то на высоких частотах (десятки мегагерц) в нем может возникнуть явление отражения электромагнитной волны, в результате чего ВЧ сигнал будет передан в нагрузку со значительным ослаблением напряжения. Во избежание этого явления при согласовании стараются добиться равенства волнового сопротивления кабеля и сопротивления нагрузки.

Ограниченность объема данной брошюры не позволяет привести полный расчет элементов выходных цепей прибора. Укажем только, что, исходя из параметров примененного соединительного ВЧ кабеля РК-1 ($Z_{волн}=77$ *ом*), в результате расчета получено: выходное сопротивление ступенчатого аттенюатора в гнездах «×0,01», «×0,0001» без соединительного кабеля равно 82 *ом*; при включении соединительного кабеля в тех же гнездах выходное сопротивление примерно равно 40 *ом*, такое же сопротивление — в гнезде «×1» на выносном делителе при подключении его к прибору.

Следует отметить что расчетное ослабление плавного и ступенчатого аттенюаторов выдерживается только на ДВ, СВ и КВ диапазонах. На УКВ диапазоне возникает существенная погрешность в силу действия паразитных емкостных и индуктивных связей между элементами делителя. Необходимо также обратить внимание читателя на то, что расчетное ослабление ступенчатым аттенюатором на I—VI поддиапазонах будет обеспечиваться только тогда, когда в его гнезда («×0,01» и «×0,0001») будет подключен выносной делитель с входным сопротивлением $R_{н}=77$ *ом*. В противном случае кратности 0,01 и 0,0001 не будут выдержаны. Следовательно, когда при пользовании прибором потребуется знание величины снимаемого напряжения, необходимо обязательно пользоваться соединительным кабелем с выносной головкой.

**Конструкция и детали.** Для ослабления влияния паразитной связи между элементами аттенюатора каждый из последних заключен в отдельный отсек экрана (рис. 9). Все резисторы в аттенюаторе типа УЛМ. Резисторы $R_{38}$, $R_{39}$ проволочные, намотаны двойным проводом для устранения собственной индуктивности.

Чертежи экрана аттенюатора и выносного делителя показаны на рис. 9, 10. ВЧ гнезда самодельные (рис. 10). Соединительный кабель типа РК-1 длиной 1 *м*; штекер кабеля — покупной.

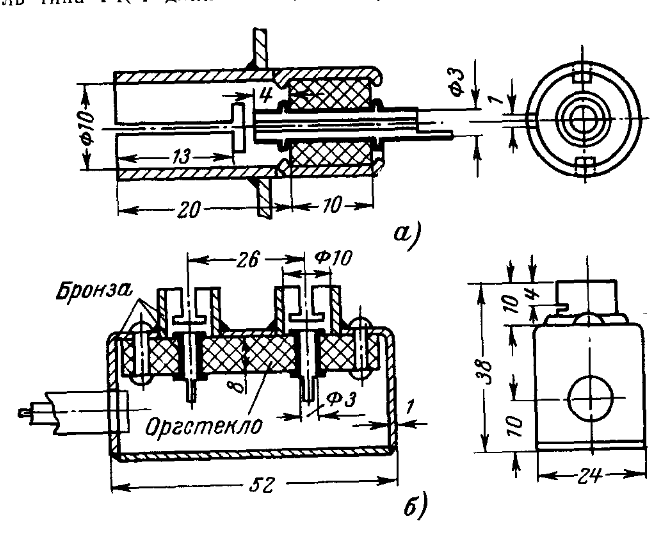



Рис. 10. Элементы выходной цепи.
*а* — ВЧ гнездо; *б* — выносной делитель.

**Наладка.** Добиться хорошего контактирования штекера ВЧ кабеля с ВЧ гнездами путем подгибки и зачистки соответствующих деталей. По окончании наладки эмиттерного повторителя, а также блока измерителя (некоторые элементы этого блока размещаются в корпусе аттенюаторов) экран блока делителей закрыть крышкой, добившись ее плотного прилегания к корпусу блока.

## Блок измерителя

**Принципиальная схема.** Уровень несущей измеряется после плавного аттенюатора на входе в ступенчатый делитель (рис. 4). ВЧ напряжение выпрямляется диодным детектором по схеме удвоения напряжения (диоды $Д_2$ и $Д_3$), а постоянная составляющая

выпрямленного напряжения поступает через фильтр $R_{44}$, $C_{37}$ и добавочное сопротивление $R_{46}$ на вход измерителя.

В качестве измерителя применена система из мостикового усилителя постоянного тока на двух транзисторах П14 и микроамперметра, чувствительностью 100 *мка*. Благодаря применению такой системы чувствительность измерителя по постоянному току повышается до 7 *мка*, а входное сопротивление его при измерении несущей возрастает до 90 *ком*. Такая величина входного сопротивления измерителя практически не шунтирует выходные цепи генератора. Применение мостикового усилителя сводит к минимуму влияние изменения внешней температуры на показания микроамперметра и исключает дрейф нуля. Кроме того, в измерителе обеспечивается достаточно высокая температурная стабилизация рабочей точки благодаря применению цепей отрицательной обратной связи по напряжению и току (резисторы $R_{49}$ — $R_{52}$).

В качестве источника питания применен отдельный элемент 1,3ФМЦ-0,25. Ввиду незначительного потребления тока одного элемента хватает на весьма значительный срок, определяемый в основном временем хранения элемента. Потенциометр $R_{54}$ служит для первоначальной установки нуля при наладке измерителя. При работе с прибором устанавливать стрелку индикатора на нулевое деление можно с помощью шлица механического корректора.

Для измерения глубины амплитудной модуляции применен метод двойного детектирования. При этом ВЧ напряжение, снимаемое со входа ступенчатого аттенюатора, выпрямляется тем же детектором, что и при измерении несущей (первый детектор). С нагрузки детектора $R_{33}$ (рис. 4) выпрямленное, но изменяющееся по закону модулирующего сигнала напряжение поступает через разделительный конденсатор $C_{38}$ на второй детектор (диоды $Д_4$, $Д_5$), в котором происходит его детектирование. Нагрузкой второго детектора является мостиковый измеритель. В нагрузке измерителя выделяется напряжение, пропорциональное как глубине модуляции, так и величине ВЧ сигнала, поступающего на первый детектор. Поэтому измерению глубины модуляции предшествует установка уровня несущей на заданную величину (0,4 *в*). Переключение мостикового измерителя на измерение уровня несущей или глубины модуляции производится переключателем $П_2$. На входе измерительной схемы установлена цепочка $R_{32}$, $C_{31}$, служащая для компенсации завала частотной характеристики схемы измерителя на высших рабочих частотах. На низких частотах емкостное сопротивление конденсатора $C_{31}$ велико и сопротивление цепочки определяется главным образом активным сопротивлением $R_{32}$. На высоких частотах сопротивление конденсатора $C_{31}$ снижается. Полное сопротивление *RC*-цепочки уменьшается и соответственно уменьшается падение ВЧ напряжения на ней; при этом в цепь детектора поступает больший уровень сигнала. Фильтр $R_{44}$ $C_{37}$ необходим для предотвращения попадания ВЧ напряжения на вход измерителя в положении «М%» переключателя $П_2$.

Описанная схема измерения глубины модуляции в отличие от более простой, в которой напряжение НЧ измеряется непосредственно на выходе модуляционного генератора, имеет то преимущество, что позволяет исключить влияние изменения модуляционных характеристик схемы в зависимости от частоты и уровня несущей.

**Конструкция и детали.** Детали первого детектора монтируются в блоке эмиттерного повторителя вблизи от плавного аттенюатора.



Второй детектор монтируется на переключателе $П_2$. Подбираемые при наладке резисторы $R_{45}$, $R_{46}$ устанавливаются в доступном месте. Все детали детекторов малогабаритные.

Блок измерителя монтируется на гетинаксовой плате размерами 70×45×1,5 *мм*. Все постоянные резисторы блока типа УЛМ. Переменный резистор $R_{54}$ типа СПО. Детали измерителя припаиваются к монтажным ламелям платы. Плата измерителя крепится при помощи шпилек М3 к блоку индикатора включения (рис. 5). В качестве стрелочного прибора применен магнитоэлектрический микроамперметр типа М592 с током полного отклонения стрелки 100 *мка*.

**Наладка.** Предварительная настройка блока измерителя заключается в балансировке транзисторного моста. Для достижения надежной без дрейфа нуля работы моста необходимо самым тщательным образом подобрать транзисторы $T_4$ и $T_5$. Подбор транзисторов производится по обратному току коллектора $I_{к0}$ и коэффициенту усиления по току β, который должен быть в пределах 30—40. Подобрав два одинаковых транзистора, необходимо включить их в схему, подать напряжение 1,5 *в* и измерить токи коллекторов. У каждого транзистора ток коллектора должен быть равен 0,2—0,25 *ма*. Затем необходимо подключить к мостику микроамперметр и резистором $R_{54}$ установить его стрелку на нуль. Не выключая питания, необходимо проверить, изменяется ли положение стрелки в течение 2—3 *ч*. Если уход стрелки за это время составит более 5% длины шкалы, необходимо поставить другую пару транзисторов. Калибровка измерителя производится после полной сборки генератора, перед установкой его в корпус.

### Индикатор включения

**Принципиальная схема.** Для контроля величины напряжения батареи питания $Б_1$ и нормальности включения пробора в сигнале-генераторе применена неоновая лампа $Л_1$, которая устанавливается на лицевой панели прибора. Питается лампа $Л_1$ импульсным напряжением, которое формируется блокинг-генератором, выполненным на одном транзисторе $T_6$ типа П13 (рис. 4). Свечение лампы сигнализирует о том, что прибор включен. Питается блокинг-генератор от основной батареи питания $Б_1$ напряжением 9 *в*. Из точки *х* напряжение 8 *в* поступает на все блоки прибора. Резисторы $R_{57}$ и $R_{58}$ определяют режим работы блокинг-генератора, который выбран таким, что лампа $Л_1$ гаснет, как только напряжение в точке *х* станет ниже 8 *в*. Переменный резистор $R_{56}$ служит для изменения величины питающего напряжения. Шлиц этого резистора выводится на лицевую панель. Если при включении генератора лампа $Л_1$ не зажглась или она погасла при работе, то это сигнализирует о том, что батареи питания разрядились. В этом случае плавным выведением сопротивления $R_{56}$ следует добиться, чтобы напряжение в точке *х* вновь стало равным 8 *в* (лампа при этом зажигается). Если же этого добиться не удается, то необходимо сменить батареи питания.

Дроссели *Др*, $Др_2$ и конденсатор $C_{41}$ образуют Т-образный фильтр, который препятствует проникновению импульсного напряжения в цепи питания

**Конструкция и детали.** Блок индикации монтируется на гетинаксовой плате размером 85×68×1,5 *мм*. Резистор $R_{56}$ типа СПО укрепляется на лицевой панели генератора. Неоновая лампочка $Л_1$

типа ТН-0,2 с патроном устанавливается в прорези платы, против соответствующего отверстия на лицевой панели.

Трансформатор блокинг-генератора изготовляется на сердечнике от телевизионного трансформатора ТБС и имеет следующие данные обмоток: I — 65 витков, ПЭЛШО 0,18; II — 40 витков, ПЭЛШО 0,18; III — 1 500 витков, ПЭЛ 0,08. Намотка бескаркасная. Дроссели намотаны на цилиндрическом каркасе диаметром 10 *мм*, длина намотки 4 *мм*, диаметр щечек 20 *мм*. На каждый дроссель наматывается внавал по 500 витков провода ПЭЛШО 0,15.

**Наладка.** Подключив к блоку питание, как показано по схеме, подбором резистора $R_{58}$ и конденсатора $C_{43}$ добиваются максимального свечения неоновой лампы. От величины емкости конденсатора $C_{43}$ зависит частота генерации. Затем подбором $R_{57}$ следует настроить режим так, чтобы при снижении напряжения в точке $x$ ниже 7,8—8 *в* происходил срыв колебаний и неоновая лампочка гасла. Величина напряжения 7,8—8 *в* устанавливается при помощи резистора $R_{56}$ и контролируется в точке $x$ вольтметром. Точную настройку блокинг-генератора на срыв колебаний следует произвести после монтажа всех блоков прибора и электрического соединения их между собой.

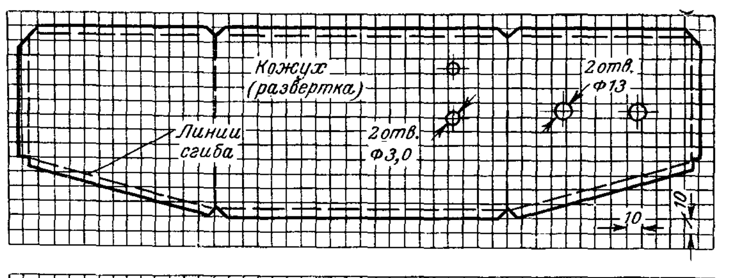
## Корпус прибора

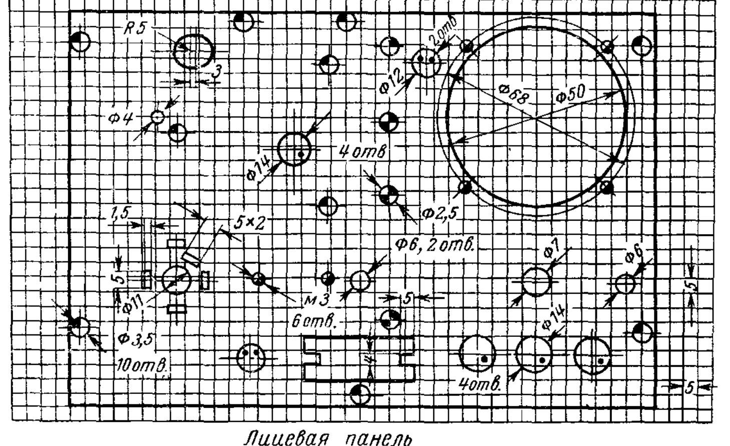
Корпус генератора состоит из трех деталей: кожуха, лицевой панели и крышки, соединяемых между собой винтами М3. Лицевая панель изготовляется из стали толщиной 1,2 *мм* или алюминия толщиной 3 *мм*. Остальные элементы корпуса из алюминия толщиной 1,5 *мм*. Форма и размеры деталей корпуса показаны на рис. 11. На задней стенке крышки имеется отверстие диаметром 50 *мм*, которое должно плотно закрываться заслонкой. Заслонка выполнена с двойными стенками. Лицевая панель корпуса наклонена к горизонтальной плоскости на угол 75°, что делает более удобным пользование прибором.

Корпус генератора и его крышка после изготовления окрашиваются масляной краской зеленого, салатного или синего цвета, а лицевая панель — белой масляной краской. После полного высыхания на лицевую панель черной или коричневой масляной краской тонкой кисточкой наносятся соответствующие надписи по предварительной карандашной разметке. Частотная шкала прибора, а также шкала измерителя выполняются фотоспособом. Для этого на ватмане в масштабе 4 : 1 вычерчиваются шкалы, затем они фотографируются на пленку или пластинку и обрабатываются обычным способом. Получается негативное изображение: поле — черное, надписи — белые. Затем изображение с негатива следует перенести на полуматовую фотобумагу, подобрав нужную степень увеличения. Готовые шкалы наклеивают на основания. В качестве основания частотной шкалы используется алюминиевый диск толщиной 2 *мм*, диаметром 90 *мм*. При помощи втулки диск укрепляется на оси переменного конденсатора. Одновременно диск служит элементом верньерного устройства (рис. 5).

Для удобства снятия отсчетов частот со шкального диска прибор снабжен визирным устройством (рис. 5), которое представляет собой плексигласовую пластинку $\delta = 1{,}5$ *мм*, укрепленную при помощи винтов и втулок перед шкальным диском. На середине пластинки делается вертикальная тонкая риска, которая заливает-






Лицевая панель

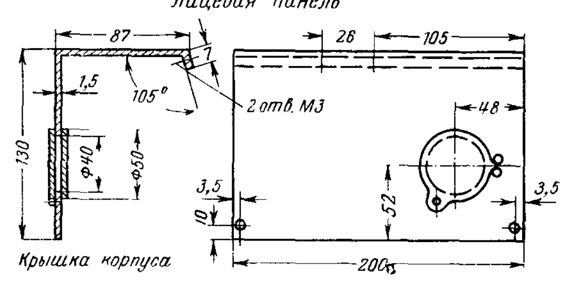



Рис. 11. Детали корпуса.

ся красным лаком. Параллельно этой риске на расстоянии 9 *мм* в обе стороны от нее в пластинке делаются прорези длиной 95 *мм* и шириной 0,8 *мм*. В эти прорези вставляются лапки визира. Последний представляет собой рамку из пружинящей бронзы толщиной 0,2—0,5 *мм*. На плексигласовую пластинку нанесены метки, против которых указаны частоты каждого из 8 поддиапазонов. При работе с генератором визир перемещают в пазах до метки соответствующего диапазона, определяемого положением переключателя $П_1$, при

этом в окошке визира будут видны деления только данного поддиапазона.

После монтажа и предварительной наладки все блоки генератора устанавливаются внутри корпуса на лицевой панели (рис. 5). Узлы прибора электрически связываются между собой при помощи паек; блок задающего генератора и эмиттерного повторителя соединяются при помощи отрезка коаксиального кабеля типа РК-19. Выполнив операции по окончательной наладке прибора, кроме градуировки, генератор вставляют в корпус. Предварительно на правой боковой стенке необходимо установить выключатель питания $Вк_5$ (рис. 4) и переключатель рода измерений $П_2$. Кроме того, к дну корпуса, в правой его части, следует привинтить пружинный кронштейн для крепления батарей питания.

## НАСТРОЙКА, РЕГУЛИРОВКА И ГРАДУИРОВКА ПРИБОРА

Для настройки генератора необходимы следующие приборы: 1) тестер; 2) ламповый вольтметр с ВЧ головкой; 3) осциллограф; 4) генератор стандартных сигналов (ГЧ-1, лучше ГЧ-18); 5) волномер (желательно).

Рассматриваемый прибор предназначен для работы в трех режимах: «Генератор», «ГИР» и «Волномер», однако настройка прибора выполняется только в режиме «Генератор». Наладки в режимах «ГИР» и «Волномер» практически не требуется.

**Получение синусоидальной формы выходного напряжения.** К выходному гнезду генератора «×1» подключить вход «*Y*» электронного осциллографа. Включить питание прибора и при выключенной модуляции проверить на экране осциллографа форму ВЧ сигнала на всех поддиапазонах. На I и II поддиапазонах могут возникнуть искажения. В этом случае нужно отсоединить эмиттерный повторитель и подсоединить осциллограф к выходу задающего генератора через конденсатор емкостью 30—100 *пф*. Устранения искажения можно добиться подбором резисторов $R_5 - R_8$ (рис. 4). Кроме того, уменьшению искажений способствует сокращение числа витков катушек обратной связи. Добившись работы ЗГ без искажений, подсоединяют его снова к эмиттерному повторителю и, подключив осциллограф к гнезду «×1» ступенчатого аттенюатора, снова проверяют форму выходного напряжения. Если опять появятся искажения, то вносятся они уже буферным каскадом. Для их устранения нужно изменить величину сопротивления в цепи эмиттера транзистора $Т_2$, а также увеличить ток коллектора. Если уровень ВЧ сигнала, поступающего на вход эмиттерного повторителя, высокий, то необходимо принять меры для его снижения (см. ниже).

Для того чтобы буферный каскад передавал в нагрузку без искажений модулированный ВЧ сигнал с максимальной глубиной модуляции, следует добиться, чтобы действующее значение немодулированного напряжения, снимаемого с нагрузки эмиттерного повторителя без искажений, было равно 1,2—1,3 *в*.

**Регулировка уровня выходного напряжения.** Необходимо добиться на I—V поддиапазонах примерно одинакового максимального ВЧ напряжения 1—1,2 *в*, которое измеряют на выходе гнезда «×1» ламповым вольтметром. Требуемая величина напряжения может быть получена путем подбора места отвода в контурной катушке, а также (для выравнивания по поддиапазону) установкой шунтирующих резисторов $R_5 - R_8$ на коллекторных обмотках (рис. 4).



На VI—VIII поддиапазонах уровень ВЧ сигнала зависит в большой степени от качества изготовления контурных катушек. На величину напряжения на этих поддиапазонах существенно влияет также рациональный выбор емкостей конденсаторов в цепи обратной связи.

**Обеспечение заданной величины перекрытия по частоте.** Собрать схему согласно рис. 12. На каждом поддиапазоне поочередно измерить граничные частоты при выключенной модуляции (отсоединить от схемы шунтирующий диод). Если расчетное перекрытие на каком-либо из диапазонов не обеспечивается, что может быть следствием влияния эмиттерного повторителя, необходимо ослабить связь по-

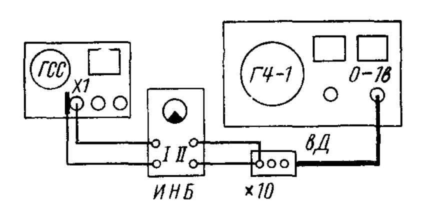



Рис. 12. Схема измерения частоты.

следнего с задающим генератором. Это можно сделать, уменьшив число витков до отвода на ВЧ контуре, либо уменьшив емкость конденсатора в цепи задающий генератор — буферный каскад. На VII—VIII поддиапазонах расширения перекрытия в сторону низких частот можно добиться увеличением емкости конденсаторов $C_{19}$, $C_{22}$ (рис. 4).

Точное значение частот на краях поддиапазона, как и при предварительной настройке, получают изменением подстроечного конденсатора и индуктивности контура. По возможности желательно установить крайние значения частот с отклонением 2—5% от расчетных значений в сторону расширения поддиапазона.

Остановимся несколько подробнее на измерении частоты генерации прибора. Как видно из рис. 12, для этой цели применяется промышленный генератор и вспомогательное устройство — индикатор нулевых биений *ИНБ*. Метод измерений основан на сравнении измеряемой частоты $f_x$ с частотой эталонного генератора ($f_{эт}$), отсчитываемой по его шкале. Обе частоты подаются на *ИНБ*, в котором выделившаяся частота биений $[f_x - f_{эт}]$ усиливается, детектируется и поступает на индикаторное устройство (лампа 6Е5С); последняя фиксирует момент, когда частота биений близка к нулю.

Измерение выполняется в следующем порядке. На один из входов индикатора (*II*) подается сигнал от эталонного генератора ГЧ-1, а на другой (*I*) — от исследуемого. Частота измеряемого сигнала примерно должна быть известна. Затем очень плавно перестраивают эталонный генератор, включив его на соответствующий поддиапазон. При этом наблюдают за оптическим индикатором *ИНБ* В момент, когда частоты начинают сближаться по величине, возникает пульсация теневого сектора, которая постепенно прекращается, а теневой сектор превращается в узкую полоску. Происходит это тогда, когда значения частот совпадают. По шкале промышленного генератора определяют частоту исследуемого сигнала.

С помощью промышленных генераторов сравнительно просто измерить частоту генерации до 26 *Мгц* (ГЧ-1) и 35 *Мгц* (ГЧ 18). Более высокие частоты можно также измерить с помощью индикатора нулевых биений и генератора ГЧ-1, хотя процесс этот довольно кропотлив. На второй вход индикатора в этом случае подают с эталонного генератора частоту, кратную измеряемой. Например, ожидается, что прибор в данном положении конденсатора настройки генерирует частоту 40 *Мгц*. Если на вход *ИНБ* подать от промышленного ГСС сигнал с частотой, близкой к 40/2=20 *Мгц* или 40/3=13,33 *Мгц*, то оптический индикатор зафиксирует биения на кратных частотах. При этом при подходе к частоте 20 *Мгц* пульсация и последующая установка теневого сектора в неподвижное положение просматриваются довольно отчетливо, хотя ширина теневого сектора значительно уже, чем при соотношении измеряемой и эталонной частот 1 : 1. Что же касается частоты 13,33 *Мгц*, то момент нулевых биений выражается на индикаторе весьма слабо, при очень узком теневом секторе. Требуется очень внимательное наблюдение и очень медленное вращение ручки перестройки частоты на эталонном генераторе, чтобы не пропустить момент появления пульсации сектора.

Таким образом, с помощью генератора ГЧ-18 можно произвести измерение частоты до 70 *Мгц* (по второй кратности) и до 105 *Мгц* (по третьей кратности). При наличии генератора ГЧ-1 определение частот генерации можно выполнить только до 26×3=78 *Мгц*.

Если в распоряжении читателя окажется волномер, то процесс определения граничных частот поддиапазонов, а также последующей градуировки прибора может быть значительно упрощен.

Индикатор нулевых биений аналогичен описанному в журнале «Радио» № 8 за 1965 г. и может быть легко и быстро собран радиолюбителем из подручных деталей. Схема индикатора показана на рис. 13. Питание индикатора от сети 220 *в*, без трансформатора. Наладки прибор не требует. Необходимо только обратить внимание на наличие предохранителей в цепи накала и анодов. При отсутствии в схеме предохранителей возможно перегорание нитей накала индикатора.

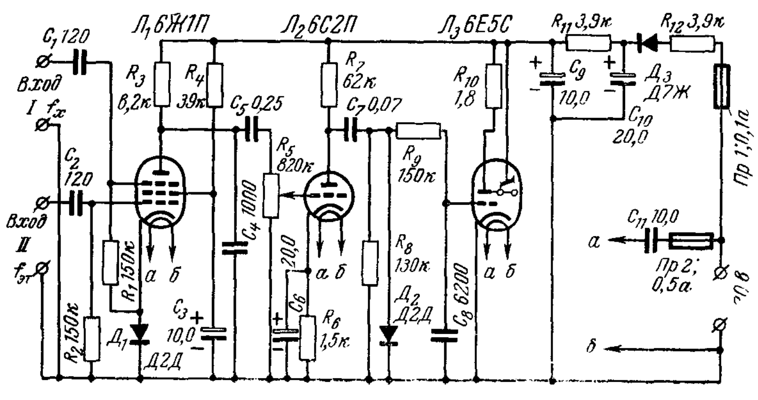



Рис. 13. Индикатор нулевых биений.



**Настройка модулятора**. Необходимо на каждом из поддиапазонов подобрать оптимальное смещение на шунтирующем диоде. Для этого, подав напряжение ВЧ с гнезда «×1» на вход «*Y*» осциллографа и включив модуляцию, проверить ее качество на экране. Ручка «Частота развертки» осциллографа при измерении должна быть в положении «2 *кгц*». Подбором резисторов в цепи смещения $R_{13}$—$R_{15}$, $R_{17}$, $R_{19}$, $R_{21}$, $R_{23}$—$R_{25}$ (рис. 4) добиться максимальной глубины модуляции. Ослабление ВЧ сигнала вследствие действия шунтирующего диода должно быть не более 50%. Перестраивая конденсатор настройки, проверить характер модуляции по всему диапазону. При правильном выборе смещения модулированный ВЧ сигнал на экране осциллографа должен иметь вид, как показано на рис. 14. Подобрав все резисторы, необходимо впаять их во вторую, подвижную плату переключателя поддиапазонов.

**Градуировка измерителя несущей.** Подключив ламповый вольтметр к гнезду «×1» ступенчатого аттенюатора, подать на выходное гнездо действующее значение напряжения, равное 1 *в*. Шунтирующий диод при этом отключить. Переключатель $П_2$ поставить в положение «Несущ.» и подбором резистора $R_{46}$ (рис. 4) добиться, чтобы стрелка микроамперметра отклонилась в правое крайнее положение (отметка «1 *в*»). Затем плавным аттенюатором установить ряд значений ВЧ напряжения, уменьшающихся до нуля

$$M\,\% = \frac{A-a}{A+a}\cdot 100$$

Рис. 14. Модулированные колебания.

Записать показания по шкале микроамперметра и соответствующие им значения напряжения, измеренные ламповым вольтметром. После этого построить график зависимости $Д=f(U_{вч})$, где $Д$ — число делений по шкале измерителя. Такие зависимости надо построить для всех поддиапазонов и затем совместить их на одном графике. Найти графически среднюю зависимость и на ее основании проградуировать шкалу микроамперметра в действующих значениях напряжения ВЧ.

**Градуировка измерителя коэффициента глубины модуляции.** Включить один из поддиапазонов I—V, на котором достигнута максимальная глубина модуляции, близкая к 100%. Переключатель $П_2$ поставить в положение «Несущ.». Включить модуляцию. Установить по шкале измерителя плавным аттенюатором напряжение 0,4 *в*. К гнезду «×1» подключить вход «*Y*» осциллографа и поставить ручку «Усиление по вертикали» в положение максимального усиления.

Ручкой генератора «Модуляция» установить максимальную глубину модуляции, близкую к 100%. Величину коэффициента модуляции измерить по изображению на экране осциллографа в соответствии с указаниями на рис. 14. Затем тумблер рода измерений переключить в положение «М%» и записать отсчет по шкале измерителя.

Для дальнейшей калибровки необходимо уменьшать ступенями глубину модуляции до минимума ручкой «Модуляция», а по изображению на экране осциллографа производить ее измерение. При установке каждого нового значения «М%» следует проверять величину напряжения несущей, которая должна быть равна 0,4 *в*. Получив ряд значений «М%» и соответствующие им числа делений измери-

теля, построить зависимость $Д=f(M\%)$, которая позволит в дальнейшем начертить шкалу модуляции. Для получения большей достоверности при измерении глубины модуляции в широкой полосе частот полезно градуировку «М%» выполнить на нескольких поддиапазонах, а затем построить усредненную зависимость $Д_{ср}=f(M\%)$.

Из-за невысокой чувствительности системы при измерении глубины модуляции отметка $M=100\%$ получается примерно на половине длины шкалы микроамперметра (корректируется резистором $R_{45}$). Отметку 0,4 *в* по шкале «ВЧ, в» следует выделить цветной краской.

**Градуировка частотной шкалы.** Прибор поместить в корпус. На диск конденсатора настройки наклеить временную шкалу из бумаги, по окружности которой нанести градусные деления. Включить шунтирующий диод и установить коэффициент глубины модуляции, равный примерно 30%. Затем измеритель переключить на измерение уровня несущей и плавным аттенюатором установить сигнал, равный 0,2—0,3 *в*. Соединить гнездо «×1» генератора отрезком гибкого провода длиной 0,5 *м* с одним из входов индикатора нулевых биений, другой вход индикатора соединить с делительной головкой эталонного генератора. Штекер ВЧ кабеля этого генератора вставить в гнездо 0—1 *в* (рис. 12), после чего измерить частоты сигнала указанным выше способом в промежуточных точках каждого поддиапазона через 10° шкалы и построить градуировочные графики. При переходе с поддиапазона на поддиапазон необходимо корректировать установленную глубину модуляции и величину выходного сигнала, поддерживая его на уровне 0,2—0,3 *в*.

## РАБОТА С ПРИБОРОМ

Генератор сигналов позволяет выполнять целый ряд радиотехнических измерений. Рассмотрим наиболее распространенные в радиолюбительской практике измерения, выполняемые с помощью ГСС.

**Настройка радиоприемников.** Так как вопрос настройки радиоприемников достаточно подробно освещен в радиолюбительской литературе, то, не останавливаясь на всех операциях по их настройке, рассмотрим порядок и схему подключения ГСС к радиоприемнику. При настройке усилителей промежуточной частоты в супергетеродинных приемниках штекер соединительного кабеля включить в выходные гнезда генератора. Тумблер рода работы $Вк_1$ (рис. 4) установить в положение «ГСС». Сигнал-генератор настроить на промежуточную частоту и 30%-ную модуляцию. Гнездо выносного делителя «×1» через конденсатор емкостью 50—100 *пф* для ламповых и 0,05—0,1 *мкф* для транзисторных приемников подсоединить к входу настраиваемого каскада. «Земляной» провод делителя присоединить к корпусу приемника. В первоначальный период настройки, когда контуры усилителя промежуточной частоты расстроены, необходимо подать на вход усиленный сигнал, для чего штекер ВЧ кабеля установить в гнездо «×1» генератора. По мере роста усиления тракта ПЧ необходимо ослаблять ВЧ напряжение вначале плавным аттенюатором, а затем переставляя штекер в гнезда «×0,01». «×0,0001».

При настройке приемников прямого усиления или входных контуров супергетеродина сигнал от генератора необходимой частоты, определяемой диапазоном приемника, подать на вход последнего. При этом ГСС следует слабо связать с входным контуром во избежание его шунтирования выходными цепями генератора. В случае если приемник предназначен для работы с внешней антенной, последовательно с выходом сигнал-генератора в провод, идущий от выносной головки, включить конденсатор емкостью 75—150 *пф* (рис. 15, *а*). Если приемник рассчитан для работы со штыревой антенной, то конденсатор связи взять емкостью 10—15 *пф*. При наличии в приемнике встроенной ферритовой антенны к выходу сигнал-генератора подключить рамку из провода ПЭЛ диаметром 1,5—2,5 *мм*, создающую электромагнитное поле (рис. 15, *б*). Ферритовую антенну приемника установить на линии оси рамки в направлении, перпендикулярном плоскости рамки.



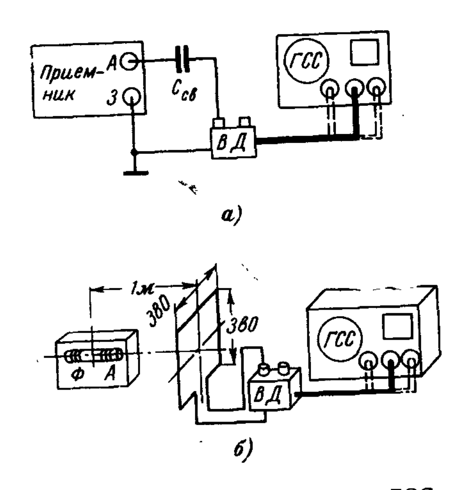



Рис. 15. Схема подсоединения ГСС.
*а* — к приемнику с внешней антенной; *б* — к приемнику с ферритовой антенной.

Величина ВЧ напряжения, передаваемого в рамку или на вход настраиваемого каскада, определяется следующим образом. Допустим, плавным аттенюатором установлено по измерителю несущей частоты напряжение 0,5 *в*; штекер соединительного кабеля находится в гнезде «×0,01»; съем напряжения в нагрузку производится с гнезда «×0,1» выносного делителя. Тогда напряжение на гнезде «×0,1» головки равно: 0,5×0,01×0,1=0,0005 *в* (500 *мкв*).

**Измерение резонансной частоты последовательного колебательного контура.** Наличие в сигнал-генераторе сравнительно высокоомного выхода «×1» ступенчатого аттенюатора позволяет очень просто определять резонансную частоту последовательного контура. Собрать схему в соответствии с рис. 16. Включить генератор. Шунтирующий диод модулятора отключить. Переключатель диапазонов поставить в положение, определяемое предполагаемой резонансной частотой. Плавно вращая шкалу генератора, наблюдать за измерителем несущей. В какой-то момент уровень ВЧ сигнала резко снижается, а затем снова возрастает. Частота по шкале, соответству-

ющая минимальному значению выходного напряжения, и есть искомая резонансная частота $f_0$.

Указанный способ определения резонансной частоты основан на том, что последовательный колебательный контур на резонансной частоте обладает очень низким сопротивлением, которое шунтирует сравнительно высокоомный выход «×1» генератора, в результате чего его выходное напряжение падает.

Рис. 16. Схема измерения резонансной частоты последовательного колебательного контура.

Если на данном поддиапазоне резонанс не получается, генератор следует переключить на смежные поддиапазоны и повторить описанную выше операцию.

**Измерение идуктивности катушек и емкости конденсаторов.** Собрать схему в соответствии с рис. 16. Описанным выше методом находится резонансная частота контура, а затем индуктивность катушки (емкость конденсатора) рассчитывается по формуле

$$L = \frac{25\,330}{f_0^2 C}, \text{ мкгн.} \quad (17)$$

В данной формуле $L$ — искомая индуктивность; $C$ — известная емкость конденсатора последовательного колебательного контура, *пф*; $f_0$ — резонансная частота контура, *Мгц*; при измерении емкости конденсатора должна быть известна индуктивность катушки.

**Использование ГСС в качестве гетеродинного индикатора резонанса.** Генератор легко может быть использован для измерений в режиме ГИР. Для этого на выход прибора соединительный кабель не включается. Переключатель $П_2$ установить в положение «Несущ.». Уровень ВЧ напряжения установить максимальный. Шунгирующий диод модулятора отключить. Тумблер рода работы $Вк_1$ (рис. 4) поставить в положение «ГСС». Переключатель поддиапазонов установить в положение, соответствующее рабочей частоте. Катушку ВЧ этого поддиапазона ГСС связать с исследуемым устройством (чаще всего — это параллельный колебательный контур, отдельный или встроенный в приемник, генератор и т. д.).

Для связи контуров использовать изолированный свитый провод длиной не более 40—50 *см*. На обоих концах провода сделать несколько витков (1—8) с внутренним диаметром, немного большим, чем у связываемых катушек. Число витков связи брать тем больше, чем ниже рабочая частота. При этом следует учитывать, что чем слабее связь, тем точнее результаты измерений. Одну катушку связи надеть на рабочую катушку генератора через отверстие в задней стенке корпуса, другую — на исследуемую катушку или близко поднести к ней.

При измерении резонансной частоты параллельного колебательного контура поступать следующим образом. Соединив, как указано выше, генератор с контуром, включить прибор и медленно вращать шкалу настройки, наблюдая за стрелочным указателем. В момент, когда резонансная частота исследуемого контура совпадет с частотой генератора, возникает «отсос» энергии из ВЧ контура ГСС, что фиксируется резким понижением выходного сигнала. Характер изменения показаний стрелочного прибора зависит от добротности исследуемой катушки и степени связи с ней контура генератора. Чем выше добротность контура, тем больше будет снижаться показание прибора в момент резонанса. Таким образом, можно качественно судить о добротности измеряемых контуров.

Измерение $f_0$ параллельного контура может быть использовано для определения неизвестных $L$ и $C$, при этом пользуются выражением (17).

**Применение ГСС в качестве волномера.** Для перевода работы генератора в режим «Волномер» включить генератор, затем тумблером рода работы перевести его в положение «Влнм.». При этом высокочастотные колебания генератора срываются. Отключить шунтирующий диод. Включить нужный поддиапазон генератора. Рабочий ВЧ контур генератора связать индуктивно с рабочей катушкой исследуемого генератора (или гетеродина приемника), как описывалось выше. При этом в контуре ГСС возбуждаются ВЧ колебания, которые передаются в выходные цепи прибора и измеряются ВЧ измерителем. Наибольшей величины они достигают при совпадении резонансной частоты ВЧ контура с частотой генерации исследуемого генератора-гетеродина. Вращая конденсатор переменной емкости генератора-волномера и наблюдая за показанием стрелочного прибора, определить по шкале частоту, соответствующую наибольшему отклонению стрелки индикатора (резонанс) — это и будет частота генерации исследуемого устройства.

Следует заметить, что по мере приближения к резонансу необходимо ослаблять связь катушки волномера с исследуемым генератором до минимума, отодвигая катушку связи от контура. При этом точность определения резонансной частоты значительно возрастает. В случае определения частоты колебаний мощных генераторов (мощностью более 1 *вт*), при сильной связи его с волнометром возможно повреждение измерительного прибора.

При всех измерениях резонансной частоты контура предлагалось отключать шунтирующий диод. Отключение диода необходимо для повышения чувствительности метода и облегчения нахождения момента резонанса. Однако градуировка шкалы генератора производилась при включенном шунтирующем диоде. Хотя емкость его мала, но он оказывает некоторое влияние на резонансную частоту ВЧ контура, особенно на VI—VIII поддиапазонах. Поэтому при измерениях без шунтирующего диода вносится некоторая погрешность. Эта погрешность не превышает допустимой в радиолюбительской практике.

При необходимости более точного определения значений резонансных частот исследуемых устройств необходимо измерения проводить с включенным шунтирующим диодом.

## ОГЛАВЛЕНИЕ



*Глузман Исаак Аврамович*

**Любительский генератор стандартных сигналов**

Редактор *А. С. Еременко* Технический редактор *Г. С. Юдаева*

Обложка художника *В. М. Аладьева*

Корректор *И. С. Соколова*

Сдано в набор 8/X 1968 г. Подписано к печати 31/XII 1968 г. Т-17453
Формат $84 \times 108^1/_{32}$ Бумага типографская № 1
печ. л. 2,52 Уч.-изд. л. 3,24
тираж 100 000 экз. Цена 14 коп. Заказ 1359
Издательство «Энергия». Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Чеховский полиграфкомбинат Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
г. Чехов, Московской области

## ВНИМАНИЮ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ